

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1938

THÈSE

N°

230

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Marius BOUYSSY

Né le 17 juillet 1877, à Sainte-Sabine (Dordogne)
Licencié ès Sciences Physiques
Ex-Chef de Section au Laboratoire d'Hygiène
de la Ville de Paris
et Chef du Contrôle de la Désinfection Privée

LE DANGER OXYCARBONÉ

EN TEMPS DE PAIX — EN TEMPS DE GUERRE

Président : M. TANON, Professeur.

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUVE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1938

Digitized by Google

1945

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1938

THÈSE

N° —

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Marius BOUYSSY

Né le 17 juillet 1877, à Sainte-Sabine (Dordogne)

Licencié ès Sciences Physiques

Ex-Chef de Section au Laboratoire d'Hygiène
de la Ville de Paris

et Chef du Contrôle de la Désinfection Privée

LE DANGER OXYCARBONÉ

EN TEMPS DE PAIX — EN TEMPS DE GUERRE

Président : M. TANON, Professeur.

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUVE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

—
1938

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	ROUVIÈRE.
Physiologie	Léon BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	POLONOVSKI.
Bactériologie	R. DEBRÉ.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générale.....	BAUDOUIN.
Pathologie médicale	ABRAMI
Pathologie chirurgicale.....	CHEVASSU.
Anatomie pathologique	N.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	HARVIER.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE.
Pathologie expérimentale et comparée	FIESSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	CHIRAY.
Clinique médicale	LOEPER.
	CARNOT.
	CLERC.
	Marcel LABBÉ.
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBOULLET.
Clinique des maladies des enfants	NOBECOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGROT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE.
	CUNÉO.
Clinique chirurgicale	GOSSET.
	GRÉGOIRE.
	LENORMANT.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	MARION.
	COUVELAIRE.
Clinique d'accouchements	JEANNIN.
	LÉVY-SOLAL.
Clinique gynécologique	MOCQUOT.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBRÉDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	RATHERY.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale	Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	Maurice VILLARET.
Clinique de la tuberculose	BEZANÇON.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	MATHIEU.
Clinique cardiologie.....	LAUBRY.
Clinique d'assistance médico-sociale	CROUZON.
	HOVELACQUE.
Professeurs sans chaire	MULON.
	OLIVIER.
	VERNE.

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

AMELINE..... Pathologie chirurgicale.
 BARIÉTY..... Pathologie médicale.
 BÉNARD (H.) .. Pathologie médicale.
 BERNARD (E.). Pathologie médicale.
 BESANÇON (J.). Hydrologie.
 BOULIN Pathologie médicale.
 BULLIARD Histologie.
 CATHALA Pathologie médicale.
 CHEVALLIER .. Pathologie médicale.
 COSTE..... Pathologie médicale.
 DOGNON Physique.
 FEY Urologie.
 FUNCK..... Pathologie chirurgicale.
 GALLIARD Parasitologie.
 GASTINEL Bactériologie.
 DE GAUDART D'ALLAINES.. Pathologie
 chirurgicale.
 GAYET Physiologie.
 DE GENNES... Pathologie médicale.
 GIROUD Histologie.
 HAGUENAU ... Pathologie médicale.
 HALPHEN Oto-rhino-laryngologie.
 HAZARD Pharmacologie.
 HUGUENIN Anatomie pathologique.
 JOANNON Hygiène.
 LACOMME Obstétrique.

MM.

LANTUEJOUL .. Obstétrique.
 LAROCHE (G.).. Pathologie médicale.
 LELONG..... Pathologie médicale.
 LEMAIRE Pathologie expérimentale.
 LEVEUF Pathologie chirurgicale.
 M^{lle} J. LÉVY.... Pharmacologie.
 LÉVY-VALENSI. Neurologie et Psychiatrie.
 MÉNÉGAUX... Pathologie chirurgicale.
 MOLLARET.... Pathologie médicale.
 MOREAU Pathologie médicale.
 MOULONGUET.. Pathologie chirurgicale.
 MOUQUIN Pathologie médicale.
 OBERLING Anatomie pathologique.
 PETIT-DUTAILLIS.. Pathologie chirurgi-
 cale.
 PIÉDELIEVRE .. Médecine légale.
 PORTES Obstétrique.
 RENARD..... Ophthalmologie.
 RICHT Physiologie.
 SANNIÉ Chimie biologique.
 SÈNEQUE Pathologie chirurgicale.
 TROISIER Pathologie expérimentale.
 TURPIN Pathologie médicale.
 VIGNES Obstétrique.
 WILMOTH Pathologie chirurgicale.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM.

ALGLAVE Pathologie chirurgicale.
 BUSQUET Pharmacologie.
 CHAILLEY-BERT.. Physiologie.

MM.

LARDENNOIS... Pathologie chirurgicale.
 LEROUX Anatomie pathologique.
 VAUDESCAL.... Obstétrique.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

A TITRE PERMANENT

MM.		MM.	
ALAJOUANINE.	Clinique médicale.	BASSET.	Clinique chirurgicale.
AUBERTIN.		BROCQ.	
BRULÉ.		CADENAT.	
CHABROL.		GATELLIER.	
DONZELOT.		MOURE.	
DUVOIR.		QUENU.	
LIAN.		SCHWARTZ.	
VALLERY-RADOT		VELTER.	
(Pasteur).			
SÉZARY.			

MM.	
ÉCALLE.	Clinique obstétricale.
METZGER.	

V. — CHARGÉS DE COURS

MM.	
CHAILLEY-BERT, agrégé	Éducation physique.
LEDOUX-LEBARD	Radiologie clinique.
RUPPE	Stomatologie.
WEIL-HALLÉ	Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

AU LABORATOIRE D'HYGIÈNE
DE LA VILLE DE PARIS

Où j'ai passé 42 ans de ma vie.

A LA MÉMOIRE DE MM. ALBERT LÉVY,
DOCTEUR MIQUEL, DOCTEUR CAMBIER

*Mes Maîtres au Laboratoire, qui m'ont
prodigué les encouragements les plus pré-
cieux.*

A LA MÉMOIRE DE M. HENRIET

*Mon cher Camarade, prématurément
disparu, et compagnon de dix années de
recherches scientifiques.*

A M. LE DOCTEUR GIRAUD

Directeur du Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris

ET A TOUS MES VIEUX AMIS
DU LABORATOIRE

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

M. LE PROFESSEUR TANON

Professeur d'Hygiène et de Médecine préventive
à la Faculté de Médecine de Paris
Membre de l'Académie de Médecine
Membre du Conseil Supérieur d'Hygiène
Inspecteur Général des Services Techniques d'Hygiène
de la Préfecture de Police
Officier de la Légion d'honneur

*Qui a bien voulu nous faire l'honneur
d'accepter la présidence de cette thèse.*

LE DANGER OXYCARBONÉ

EN TEMPS DE PAIX - EN TEMPS DE GUERRE

INTRODUCTION

Le danger oxycarboné préoccupe à juste titre l'hygiéniste, le médecin légiste et le praticien de médecine générale, et l'homme de l'art : architecte, ingénieur, s'efforce d'en prévenir les méfaits.

Cette question a retenu particulièrement notre attention au cours de notre longue carrière au Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris : fréquemment, nous avons eu à procéder à des recherches de ce gaz, notamment en saison froide dans les locaux d'habitation, afin d'établir le bien-fondé, soit de plaintes, soit plus simplement d'inquiétudes éveillées chez les usagers par le péril oxycarboné.

Par ailleurs, nous avons recherché quelle pouvait être la répercussion apportée en cette matière sur l'hygiène urbaine, par le développement incessant de la circulation automobile.

Débordant largement le cadre de nos recherches personnelles, il nous a paru intéressant de nous livrer à une étude d'ensemble du problème du danger oxycarboné tant en temps de paix qu'en temps de guerre.

La première partie de ce travail sera consacrée au *temps de paix*.

Après quelques brèves généralités sur les propriétés physiques et chimiques de l'oxyde de carbone, nous ferons un rapide tour d'horizon sur les sources diverses de ce gaz. Nous indiquerons ensuite les techniques de dépistage, puis nous envisagerons l'oxyde de carbone dans les villes, étudiant tour à tour les circonstances multiples de production de ce gaz dans la vie urbaine, au double point de vue de l'hygiène de l'habitation et de l'hygiène de la rue : nous puiserons largement dans les recherches personnelles que nous avons poursuivies.

Nous nous arrêterons ensuite longuement sur les propriétés biologiques de l'oxyde de carbone, nous étudierons les accidents, soit aigus, du domaine de médecin-légiste, soit chroniques, intéressant plus spécialement l'hygiéniste, question d'ailleurs éminemment controversée.

Nous envisagerons le problème au point de vue du mécanisme, du traitement, de la protection, ainsi que de la clinique et des différents chapitres de la médecine.

Dans la seconde partie de cette étude, nous traiterons du danger oxycarboné en *temps de guerre*.

Puisque aussi bien la question des « gaz de combat » est particulièrement à l'ordre du jour, nous verrons ce qu'il faut penser de la possibilité d'utilisation de l'oxyde de carbone comme moyen de lutte.

Nous passerons ensuite en revue les causes plus

générales de production de ce gaz et les procédés mis en œuvre pour s'en protéger.

Enfin, dans une brève conclusion, nous nous efforcerons de dégager les données essentielles du problème constitué par le péril oxycarboné.

GÉNÉRALITÉS

L'oxyde de carbone est un gaz incolore, inodore, de densité $d = 0,967$ à $+ 15^{\circ}$, donc inférieure à celle de l'air, mais si voisine que dans la plupart des cas habituels, l'oxyde de carbone se répand de façon à peu près homogène dans toutes les parties des locaux où il se trouve déversé, à moins toutefois qu'il ne se produise des mouvements gazeux pouvant aboutir à une hétérogénéité ; il est peu soluble dans l'eau, dans le plasma sanguin, dans le sang lui-même.

L'oxyde de carbone brûle à l'air, avec une flamme bleue, en présence d'un excès d'oxygène :

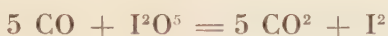


C'est donc un combustible, et l'on utilise cette propriété dans les gazogènes où l'on produit soit de l'oxyde de carbone à peu près pur, soit du gaz pauvre (mélange d'oxyde de carbone, d'hydrogène ou de méthane).

L'oxyde de carbone brûle à l'air en présence d'un catalyseur, comme la mousse de platine.

L'oxyde de carbone possède des propriétés réductrices : à froid, il réduit de nombreux sels métalliques,

nitrate d'argent ammoniacal, chlorure de palladium, dérivés de chrome et à 80° : l'anhydride iodique :



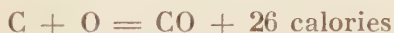
d'où son utilisation dans certaines méthodes de recherche d'oxyde de carbone et son utilisation dans des masques protecteurs (DESGREZ).

Mais la propriété la plus remarquable de l'oxyde de carbone pour le biologiste est son action sur le sang ou plutôt sur l'hémoglobine. Nous y reviendrons longuement.

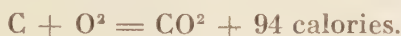
Sources diverses d'oxyde de carbone.

Nous ne ferons ici qu'un rapide tour d'horizon, nous réservant de revenir plus en détail sur les points particuliers intéressant plus spécialement la vie urbaine, l'hygiène des villes.

1. *Combustion du charbon.* — L'oxyde de carbone se produit dans toutes les combustions incomplètes, c'est-à-dire dans lesquelles l'oxygène n'est pas en quantité suffisante :



alors que, la quantité d'oxygène étant suffisante, il se produit de l'acide carbonique :

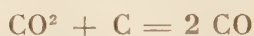


Tout foyer où se trouve brûlé du carbone, sous quelque forme que ce soit : houille, coke, anthracite,

charbon de bois, bois, etc... est donc producteur d'oxyde de carbone.

La production de ce gaz dans les produits de combustion varie avec nombre de facteurs.

Elle est particulièrement élevée dans les poêles à combustion lente où le carbone, immédiatement en contact avec la grille, dans des conditions théoriques de bonne combustion, brûle en donnant de l'acide carbonique, mais où l'acide carbonique se trouve ensuite réduit par son passage à travers la couche de carbone non incandescent :



2. *Gaz d'éclairage*, provenant de la distillation de la houille, qui renferme de 7 à 12 % d'oxyde de carbone.

3. *Gaz à l'eau*, obtenu par l'action de la vapeur d'eau sur le carbone :



Beaucoup plus riche que le gaz d'éclairage en oxyde de carbone, il peut en contenir jusqu'à 40 %.

4. *Gaz des générateurs de gaz pauvre et gaz des hauts-fourneaux*, 25 à 30 % d'oxyde de carbone.

5. *Gaz d'échappement des moteurs à explosion*. — Ces gaz déversés dans l'atmosphère par les moteurs d'automobiles contiennent jusqu'à 7 % d'oxyde de carbone. Nous y reviendrons dans une étude approfondie.

6. *Gaz provenant de l'explosion de substances explosives*, poudre noire, poudre sans fumée, dynamite, explosifs nitrés surtout (30 à 50 et même 60 % dans ce dernier cas). Nous y reviendrons au cours de l'étude du danger oxycarboné en temps de guerre.

7. *Gaz provenant de la combustion du gaz d'éclairage*. — Nous nous y arrêterons plus longuement ultérieurement.

8. *Gaz provenant de l'explosion du gaz d'éclairage, du grisou, ou au cours d'incendie*.

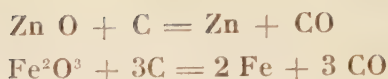
Ici, les proportions d'oxyde de carbone rencontrées peuvent être mortelles. HALDANE a montré que les mineurs qui ne succombent pas à l'explosion du grisou, meurent de l'oxyde de carbone existant dans les gaz produits par le coup de grisou.

Lors de l'incendie de l'Opéra-Comique, en 1887 (1) et de celui du Bazar de la Charité le 4 mai 1897, nombreux furent les décès imputables au seul oxyde de carbone.

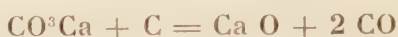
9. *Production d'oxyde de carbone dans diverses industries*. Nous nous bornerons à citer :

la métallurgie, les hauts fourneaux où la réduction des oxydes est faite par le charbon :

(1) Cet incendie dû à l'inflammation subite des décors de frise a produit une sorte d'« explosion muette » avec dégagement brusque d'une grande quantité d'un mélange $\text{CO} + \text{CO}^2$ — 2.000 litres par kilo de bois roux ! — 27 personnes trouvèrent la mort dans la buvette du foyer, asphyxiées par l'oxyde de carbone, en un endroit où la température n'avait pas dépassé 110 à 120°.



les fours à chaux :



l'industrie des sels de baryum :



la production de la soude par le procédé Leblanc :



Techniques de dépistage de l'oxyde de carbone dans l'air.

Avant d'étudier les circonstances de production d'oxyde de carbone dans la vie urbaine, nous croyons nécessaire d'indiquer les procédés mis en œuvre pour le déceler et en effectuer le dosage (*détection chimique*).

Le problème du dépistage de l'oxyde de carbone dans l'air atmosphérique se pose très fréquemment, mais n'a pas encore reçu de solution simple absolument satisfaisante.

Nombreux sont les réactifs qui ont été proposés.

En 1891, BERTHELOT a préconisé l'emploi du nitrate d'argent ammoniacal qui est réduit et noirci par l'oxyde de carbone. Sa sensibilité est de l'ordre du 1/4.000.

MERMET, en 1897, signale un réactif qui porte son nom, formé de nitrate d'argent et de permanganate

de potassium qui vire du violet au brun, très lentement d'ailleurs (en quelques heures), dans une atmosphère renfermant $1/5.000$ d'oxyde de carbone.

Armand GAUTIER, en 1898, après avoir signalé l'absence de spécificité de ces réactifs, propose le chlorure d'or.

En 1898, POTAIN et DROUIN utilisent le chlorure de palladium que DESGREZ et LABAT, en 1919, emploient de la façon suivante : ils font passer l'air au moyen d'une poire de caoutchouc sur un papier imprégné d'une solution à 1 % de chlorure de palladium humide, pendu dans un flacon : le papier s'assombrit en cinq ou six minutes pour une teneur de $1/3.000$ d'oxyde de carbone.

En 1920, LEGENDRE et THÉVENIN signalent un réactif aux chlorures d'or et de palladium : ils vident un tube à essai de 20 cmc. environ de capacité, plein d'eau, dans l'atmosphère suspecte, puis ils introduisent 3 cmc. du réactif et agitent énergiquement pendant quelques minutes. La limite de la sensibilité serait de l'ordre du $1/10.000$.

GUASCO, en 1912, se basant sur la propriété de l'oxyde de carbone d'être un gaz combustible, a construit un appareil appelé « *Toximètre Guasco* », sorte de thermomètre différentiel dont l'une des boules est entourée de petits blocs d'une substance platinée, qui s'échauffe au contact de l'oxyde de carbone et provoque l'ascension d'une colonne de liquide coloré, le long d'une réglette graduée empiriquement.

Outre que des gaz combustibles autres que l'oxyde

de carbone peuvent influencer le noir de platine, l'appareil manque de sensibilité et ne donne d'indications franchement valables qu'aux environs du 1/1.000. Ce n'est que la facilité de son mode d'emploi qui pourrait le faire préférer au grisoumètre de GRÉHANT signalé par cet auteur dès 1892, basé sur la combustibilité de l'oxyde de carbone, et qui joint à l'absence de spécificité une sensibilité pratique du même ordre.

Depuis quelques années, le Bureau des Mines des Etats-Unis construit des avertisseurs consistant en un couple thermo-électrique placé au sein d'un catalyseur d'oxydation d'oxyde de carbone. L'air suspect est aspiré au travers de ce catalyseur. En sa présence, l'oxyde de carbone s'oxyde en acide carbonique influençant le couple et un relais fait fonctionner une sonnerie ; mais le catalyseur utilisé, l'hopcalite (mélange d'oxyde de manganèse et de cuivre), est très altérable par l'humidité et dès lors un tel dispositif demande trop de surveillance et d'entretien.

Il existe également des détecteurs automatiques, à inscription continue, vastes appareils compliqués ne pouvant être utilisés partout. On a tendance à s'en servir de plus en plus pour vérifier la ventilation des tunnels à circulation automobile. Dans ces tunnels, on ne doit pas, en principe, admettre des concentrations pouvant être toxiques après une heure de séjour, mais il est clair cependant que le trafic étant interrompu par accident ou une cause quelconque, l'atmosphère produite par les gaz d'échappement des automobiles à l'arrêt peut atteindre rapidement la zone critique.

Tout récemment, en 1937, en France, DEMESSE présente un appareil détecteur et doseur de l'oxyde de carbone dont les caractéristiques sont les suivantes :

L'enceinte contenant l'atmosphère à étudier débarrassée de l'acide carbonique par passage sur de la potasse est branchée sur un dispositif d'oxydation permettant de transformer l'oxyde de carbone en acide carbonique (petit four électrique) ; cette atmosphère est alors entraînée par l'écoulement goutte à goutte dans un tube capillaire d'une solution de bicarbonate de soude colorée au bleu de bromothymol : il en résulte un changement de la valeur du pH de celle-ci et la lecture est faite à l'aide d'une cellule photoélectrique de façon à éviter toute erreur due à l'appréciation plus ou moins juste de l'observateur. Un étalonnage antérieur permet d'obtenir par lecture directe la concentration en oxyde de carbone. La sensibilité de cette méthode serait de l'ordre du 1/10.000.

En outre, un coffret de signalisation branchée aux bornes de l'appareil et réglé sur la concentration maximum tolérable, est susceptible, si on le désire, d'actionner des avertisseurs divers : klaxon, signal lumineux, etc..., ou même de provoquer automatiquement la mise en marche d'appareils de ventilation, dans des locaux mal aérés, par exemple.

Les autres procédés de dépistage basés sur l'action de l'oxyde de carbone sur l'acide iodique ou sur l'hémoglobine du sang, sont du domaine du laboratoire, et visent plus exactement le dosage de l'oxyde de carbone, que nous allons maintenant envisager. Au-

paravant, disons un mot de la *détection physiologique* mis en œuvre dans les houillères anglaises et allemandes où l'on utilise de petits animaux, souris, canaris. Un pourcentage d'oxyde de carbone qui serait dangereux pour l'homme au bout d'une heure atteindra ces animaux en cinq minutes environ.

MÉTHODES DE DOSAGE DE L'OXYDE DE CARBONE DANS L'AIR.

Méthode à l'acide iodique. — Dès 1870, DITTE, dans son étude sur les propriétés de ce corps, avait signalé la réaction suivante :



qui fut utilisée par de LA HARPE et REVERDIN (1889) puis par Armand GAUTIER en 1898, par NICLOUX en 1898, qui dose l'iode, par KOHN-ABREST en 1919, en dosant l'acide carbonique, et à titre de vérification, l'iode.

En 1905, notre maître Albert LÉVY — sous la direction de qui nous avons fait nos premières recherches scientifiques et à la mémoire duquel nous adressons un hommage respectueux et reconnaissant — a mis en pratique cette réaction au laboratoire, en collaboration avec notre camarade A. PECOUL, en simplifiant quelque peu la technique de NICLOUX. Nous décrirons rapidement le mode opératoire, ce procédé ayant été utilisé par nous lors de nos premières recherches : l'air suspect est prélevé dans une poche de caout-

chouc, puis à l'aide d'un aspirateur constitué par un récipient plein d'eau que l'on fait écouler lentement, il passe successivement dans trois tubes en U, contenant le premier de la ponce sulfurique pour retenir la vapeur d'eau, le second de la potasse concassée destinée à absorber l'hydrogène sulfuré et l'anhydride sulfureux susceptibles d'agir sur l'anhydride iodique, le dernier l'anhydride iodique chauffé au bain-marie à 80°. L'iode mis en liberté est recueilli dans 10 cmc. de chloroforme et la teinte rose violacée obtenue est comparée à une gamme de teintes obtenues en opérant dans les mêmes conditions sur des concentrations connues d'oxyde de carbone.

Cette méthode présente une très grande sensibilité puisqu'elle décèle des traces d'oxyde de carbone de l'ordre du 1/100.000 par passage de 3 litres d'air. Elle présente le grave inconvénient de voir sa sensibilité dépendre en grande partie de la pureté de l'anhydride iodique, qui doit être exempt d'acide azotique. NICLOUX, en 1912, a d'ailleurs indiqué un procédé excellent de préparation de l'anhydride iodique par oxydation de l'iode.

Quoi qu'il en soit, cette méthode est abandonnée actuellement et c'est le procédé au sang que nous allons maintenant exposer, qui est utilisé par tous.

Méthode au sang. — Cette méthode, indiquée dès 1877 par VOGEL, a été surtout étudiée par OGIER et KOHN-ABREST, puis par FLORENTIN et VANDENBERGHE, 1921, et NICLOUX, 1923, qui l'ont mise au point et per-

mis de la rendre sensible à 1/100.000 d'oxyde de carbone.

Le principe en est le suivant : par agitation au contact d'hydrosulfite de soude alcalin, l'air à analyser est privé d'oxygène, on le fait ensuite barboter à travers une solution diluée d'hémoglobine qui fixe l'oxyde de carbone avec production de carboxyhémoglobine, on suit au spectroscope l'apparition des deux bandes caractéristiques du spectre de celle-ci qui se produit quand elle représente 25 à 30 % de l'hémoglobine totale et on note le volume de gaz barboté correspondant.

Par ailleurs, on établit expérimentalement une courbe en portant en abscisses des dilutions connues d'oxyde de carbone et en déterminant les volumes gazeux correspondants nécessaires pour que le dédoublement de la bande unique d'absorption de l'hémoglobine apparaisse. On conçoit par suite que dans l'analyse d'un mélange gazeux, le volume barboté nécessaire une fois déterminé expérimentalement, il soit facile, grâce à cette courbe, d'en déduire la proportion d'oxyde de carbone.

Telle est la méthode que nous utilisons au Laboratoire d'Hygiène depuis 1923.

L'hémoglobine est obtenue en partant de sang de bœuf pris à l'abattoir, additionné aussitôt du 1/10 de son volume d'alcool à 95° ; le sang est ainsi rendu imputrescible et peut être utilisé pendant un an et plus, l'oxyhémoglobine est transformée après cinq à six semaines, en méthémoglobine. Au moment de l'em-

ploi, on prépare la solution d'hémoglobine de la façon suivante : dans une éprouvette de 20 à 25 cmc., on introduit 18 cmc. d'eau distillée, 0 cmc. 25 à 0 cmc. 30 de sang alcoolisé ci-dessus et après mélange, 2 cmc. d'une dilution aqueuse au 1/50 d'ammoniaque à 22° B. additionné d'une légère pincée (60 à 70 mgr.) d'hydrosulfite de soude en poudre. On mélange et l'oxy-hémoglobine (ou la méthémoglobine) est transformée immédiatement en hémoglobine.

On introduit alors celle-ci dans un tube de WINKLER à 3 spires, dont la première porte une petite cuve à faces parallèles que l'on éclaire par une source lumineuse et sur laquelle est braqué le spectroscope. Il n'y a plus qu'à procéder au barbotage du mélange gazeux à analyser, à suivre l'apparition des deux bandes et à noter à ce moment le volume barboté.

Après avoir indiqué la méthode que nous avons utilisée, nous exposerons les résultats que nous avons obtenus. Nous puiserons largement dans nos documents personnels et dans les déterminations de nos excellents camarades MARCY et CASTEX, auxquels nous sommes liés par une amitié vieille d'une quarantaine d'années, cimentée par une collaboration sans cesse plus étroite.

Ces recherches, publiées régulièrement, d'abord dans les *Annales de l'Observatoire Municipal de Montsouris* à partir de 1903, et depuis 1913, dans les *Annales des Services Techniques d'Hygiène de la Ville de Paris*, ont été effectuées successivement sous la direction de nos excellents maîtres et amis Albert

LÉVY, HENRIET, D^r MIQUEL, D^r CAMBIER (1), aujourd'hui tous disparus, et à la mémoire de qui nous adressons ici un souvenir ému et reconnaissant, elles se poursuivent depuis 1934 sous la direction du D^r GIRAULD, à qui nous avons apporté notre collaboration intime, empreinte d'une cordialité qui ne s'est jamais démentie, et qui compte parmi nos plus chers amis.

(1) Notre maître regretté, le D^r CAMBIER, nous fit le grand honneur de nous associer à ses travaux de 1910 à 1934 — époque à laquelle il quitta le Laboratoire d'Hygiène — notamment sur l'oxyde de carbone, les conduits unitaires de fumées, la ventilation du Chemin de Fer Métropolitain, les atmosphères confinées, l'épuration des eaux d'égout par les boues activées, l'étude des antiseptiques, et nous confia au 1^{er} janvier 1922 la direction du Contrôle de la Désinfection Privée, service nouvellement créé au laboratoire. Il nous encouragea à entreprendre nos études de médecine et fut toujours pour nous un conseiller et un ami. Sa fin, survenue en décembre 1935, affecta douloureusement tous ceux qui ont eu l'honneur de collaborer directement avec lui, d'apprécier sa vive intelligence, sa haute probité scientifique et de bénéficier du prodigieux exemple qu'il nous donna, d'une vie toute d'honneur, de modestie et de travail.

PREMIÈRE PARTIE

LE DANGER OXYCARBONÉ EN TEMPS DE PAIX

I

L'oxyde de carbone dans les villes.

Résultats analytiques.

Nous sommes appelés à étudier au Laboratoire d'Hygiène les différentes sources de production d'oxyde de carbone, soit sur demandes directes des intéressés, inquiets ou avertis, soit comme conseil technique de différents services de la Préfecture de la Seine, saisis de plaintes ou désireux de documentation, soit même par souci de recherches personnelles.

Dès 1909, fréquentes ont été les demandes d'analyses :

1910	25	enquêtes	1918	14	enquêtes
1911	32	—	1919	29	—
1912	34	—	1920	37	—
1913	39	—	1921	40	—
1914	41	—	1922	31	—
1915	45	—	1923	40	—
1916	26	—	1924	40	—
1917	29	—	1925	40	—

Mais c'est surtout à partir de 1926 que les plaintes et les demandes d'analyses se sont faites de plus en plus pressantes et que notre activité a été sans cesse en croissant.

1926	.....	119	enquêtes,	312	recherches	d'oxyde	de carbone
1927	.....	184	—	471	—	—	—
1928	.....	167	—	500	—	—	—
1929	.....	166	—	476	—	—	—
1930	.....	204	—	615	—	—	—
1931	.....	213	—	610	—	—	—
1932	.....	208	—	462	—	—	—
1933	.....	192	—	438	—	—	—
1934	.....	173	—	346	—	—	—
1935	.....	274	—	430	—	—	—
1936	.....	285	—	417	—	—	—

Nous étudierons successivement :

L'hygiène de l'habitation : hygiène du chauffage, les chauffe-bains, hygiène de l'éclairage ;

L'hygiène de la rue : les braseros et surtout le problème automobile, qui nous retiendra longuement et nous amènera à envisager la question des garages et des ateliers de réparations.

I. — L'hygiène de l'habitation.

1^o L'hygiène du chauffage.

Nous ne dirons qu'un mot des « tables chauffantes » utilisant le pétrole comme combustible que nous avons connu il y a quelque trente-cinq ans et qui sont aujourd'hui complètement abandonnées. Ces appareils fuligineux, mal odorants, s'accompagnaient en outre de faibles proportions d'oxyde de carbone.

A. — CHAUFFAGE AU GAZ.

Tous les brûleurs ou appareils à gaz employés, soit dans les laboratoires (bees Bunsen, réchauds divers), soit à usage domestique, et *bien réglés*, c'est-à-dire brûlant avec une flamme bleue, fournissent des produits de combustion riches en acide carbonique et vapeur d'eau, mais pratiquement sans oxyde de carbone.

Nous n'avons en effet observé que des quantités sensiblement négligeables d'oxyde de carbone dans un atelier de soufflage sur verre où 23 souffleries étaient en action (octobre 1920), l'aération ne pouvant se faire que par un vasistas central constamment ouvert.

Heure des prélèvements	Tempé- rature	Nombre de souffleries en action	VOLUME de gaz brûlé	Oxyde de carbone
8 h.	20°0	0	0	0
11 h. 30	21°5	23	12	1/75.000
14 h. 15	20°2	23	19	1/100.000
17 h. 45	30°0	23	36	1/50.000

Mais la flamme vient-elle à être refroidie par un processus quelconque, la combustion du carbone n'est plus complète et l'oxyde de carbone est produit plus ou moins abondamment. A ce sujet, une *expérience princeps* mérite d'être rapportée : un bec Bunsen brûlant normalement avec une flamme bleue, sans production notable d'oxyde de carbone (1/50.000 environ), on fait traverser la flamme par un tube en cuivre dans lequel circule un courant d'eau froide :

l'oxyde de carbone est produit abondamment (1/800 dans certaines expériences).

Or, c'est là tout le principe des *chauffe-bains* et des *chauffe-eau* dont l'usage se répand de plus en plus, et l'on conçoit qu'il soit indispensable d'évacuer au dehors les produits de la combustion, les accidents les plus graves étant à redouter. Nous y reviendrons par la suite.

Et d'une façon plus générale, chaque fois que la flamme d'un *appareil à gaz* quel qu'il soit, lèche une paroi, il y a immédiatement production d'oxyde de carbone et cela d'autant plus que la flamme est plus grande et la paroi léchée plus froide et plus importante.

Or, c'est ce que réalisent journellement les cuisinières, les ménagères dans leur cuisine lorsqu'elles placent sur un fourneau à gaz, robinets ouverts « en grand », une simple *casserole*, une *bassine pleine d'eau froide*, voire même une *lessiveuse*. Signalons encore l'insuffisance de l'espace compris entre les trous de l'appareil à gaz où s'effectue la combustion et la partie inférieure du récipient qui, ne se trouvant pas suffisamment surélevée, « écrase » la flamme, même si le robinet est à peine ouvert, augmentant ainsi la production d'oxyde de carbone.

C'est ainsi qu'en février 1924, nous avons obtenu :

Abords d'une lessiveuse remplie d'eau froide 15' après

l'allumage	1/1.000
Abords de cette lessiveuse, après échauffement de l'eau.	1/2.000
Atmosphère même de la cuisine, à ce moment.....	1/2.000

Sans être aussi élevées, des proportions notables d'oxyde de carbone sont susceptibles d'être rencontrées si la hotte sous laquelle est placé le réchaud à gaz présente un tirage défectueux.

C'est dans ces conditions que nous avons observé 1/30.000 en décembre 1908 et 1/35.000 en mars 1923, dans l'atmosphère d'une petite cuisine après 5 minutes d'allumage, de l'eau étant mise à chauffer dans une simple casserole.

On conçoit combien le danger puisse être grand, du fait de la disparition de la hotte de tirage à laquelle on assiste dans tous les immeubles « modernes », et son remplacement par une vague ventouse placée à la partie supérieure de la cuisine et plus ou moins obturée en pratique par des poussières colmatées par des substances grasses volatilisées au cours des opérations ménagères.

A ce propos, l'usage des cuisinières ou réchauds électriques dont l'usage tend à se répandre, constitue une solution extrêmement heureuse du problème et il est à désirer que son extension se fasse de plus en plus.

A côté de l'utilisation du gaz pour les soins ménagers nous envisagerons son emploi directement comme procédé de chauffage proprement dit dans les appareils dénommés « radiateurs à gaz » dans lesquels la flamme lèche des cylindres ou des plaques de terre réfractaire et les porte au rouge vif. Il y a production d'oxyde de carbone en proportion variable selon les types et le réglage, particulièrement au début du

fonctionnement, et trop souvent encore les gaz de combustion sont évacués directement dans la pièce même. Dans ces conditions, nous avons observé :

Déc. 1911 : radiateur en pleine combustion...	1/20.000 de CO
Févr. 1914 : radiateur allumé quelques minutes.	1/75.000 —
Janv. 1922 : radiateur allumé quelques minutes.	1/60.000 —
Oct. 1925 : radiateur allumé quelques minutes..	1/20.000 —
Mars 1926 : radiateur à gaz, muni d'une évacuation des produits de la combustion par 5 m. de tuyauterie à tirage très défectueux.....	1/10.000 —

Il serait désirable que tous ces appareils soient branchés sur une cheminée à bon tirage ou mieux encore remplacés par des radiateurs électriques.

B. — CHAUFFAGE AU CHARBON.

Nous ferons ici un très large appel à notre rapport sur l'Hygiène du chauffage à Paris en 1936 (*Annales des Services techniques d'hygiène de la Ville de Paris*, t. XVIII, 1937, en impression) en le complétant par quelques résultats particulièrement significatifs obtenus antérieurement.

Nous classons nos enquêtes d'après leur étiologie.

1. *Défaut d'étanchéité des coffres à fumées.* — Sur 176 cas étudiés en 1936, intéressant des coffres à fumée de cheminées individuelles, 104 prélèvements n'ont présenté aucune trace d'oxyde de carbone ; dans 56, la proportion de ce gaz a été pratiquement négligeable (1/50.000 à 1/100.000), elle est comprise entre 1/10.000 et 1/50.000 dans 6 échantillons d'air et 5 fois entre 1/2.000 et 1/10.000.

Signalons que nous avons observé à deux reprises l'existence de larges orifices non obstrués à l'entrée desquels l'analyse a décelé 1/3.000 et même 1/2.000 avec dans ce dernier cas, 1/7.000 dans la région simplement avoisinante, et l'on ne sait ce qui doit surprendre le plus : ou l'apathie des occupants qui ne tendent pas d'éviter à une telle situation au pis-aller et provisoirement par de simples moyens de fortune, ou la négligence des propriétaires -- nous osons à peine dire leur résistance -- à effectuer les réparations qui s'imposent élémentairement par la simple inspection des locaux, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer des prélèvements et de les analyser. Naturellement, il n'est pas que les *coffres à fumées « individuels »*, qui motivent des plaintes, et bien souvent, ce sont les *coffres à fumées de calorifère*, tant à air chaud, qu'à eau chaude ou à vapeur, que nous avons à examiner.

Mais si parfois les constatations ne prêtent à aucune hésitation, il n'en est pas de même dans la plupart des cas : En 1930 nous sommes appelés à procéder dans l'appartement occupé par M. B., Av. Low., à la vérification de l'étanchéité du conduit de fumées desservant le chauffage central et passant dans la mitoyenneté salle à manger-cuisine. Nous opérons deux prélèvements d'air par « ventousage » (nous reviendrons sur ce point ultérieurement à la rubrique « fissures » tant des régions de passage du conduit côté salle à manger que côté cuisine, l'analyse décèle 1/10.000 et 1/15.000 d'oxyde de carbone ; un troisième effectué dans la

salle à manger au voisinage du conduit, accuse 1/20.000.

Un ramonage ayant été effectué de façon à assurer un tirage efficace, de nouveaux prélèvements d'air obtenus dans les mêmes conditions ne contiennent plus aucune trace d'oxyde de carbone.

En février 1931, nouvelle enquête, nouveaux prélèvements d'air qui donnent à l'analyse 1/10.000 par ventousage, 1/40.000 dans l'atmosphère avoisinante.

Nous avons tenu à reproduire ici l'étude de cette plainte dans ses phases successives, pour souligner toute la difficulté du problème, l'influence prédominante des *conditions du moment* et montrer que notre rôle ne peut se borner à effectuer des échantillons d'air, à procéder à la recherche de l'oxyde de carbone et à conclure hâtivement : nous devons surtout faire une enquête approfondie, étudier les circonstances actuelles et passées, nous laisser guider par une expérience éclairée, par notre « flair », dirons-nous, et faire œuvre, non de simple manœuvre, mais de chercheur intelligent et réfléchi, avant de tirer des conclusions et d'aboutir aux mesures qui s'imposent ; de même le clinicien averti étudie chez un malade l'histoire de sa maladie, fouille dans ses antécédents personnels et familiaux avant de poser un diagnostic et d'instituer une thérapeutique.

2. *Défaut de tirage.* — Nous avons procédé en 1936 à l'étude de 50 plaintes visant un tirage soit très faible, soit même nul, soit encore des alternatives de

tirage et de refoulement plus ou moins marqué (1).

Dans 20 cas, l'analyse n'a pas révélé d'oxyde de carbone : ce sont le plus souvent des cheminées en non activité et l'absence de ce gaz montre qu'il n'existe pas d'intercommunication avec d'autres coffres à fumées.

30 fois, nous avons trouvé des proportions oscillant entre $1/50.000$ et $1/100.000$ (13 cas), $1/10.000$ et $1/50.000$ (9 cas) et même $1/4.000$ et $1/10.000$ (8 cas) où nous avons constaté des émissions de fumées.

Certains de ces derniers méritent de retenir l'attention :

a) Au moment du rechargement, émission de fumées, oxyde de carbone $1/8.000$, alors qu'une heure après la proportion descend à $1/35.000$.

b) Absence d'oxyde de carbone, la cheminée étant en non activité ; l'allumage auquel il est procédé en notre présence s'accompagne de fumées et après quelques minutes nous décelons $1/5.000$ aux abords de la cheminée.

c) Le régime normal de la cheminée ne se produit que si l'on maintient la fenêtre entr'ouverte (oxyde de carbone : 0) mais que celle-ci soit maintenue fer-

(1) Le danger est accru par l'utilisation des poêles à combustion lente : d'ARCET a montré que 60 % de la chaleur produite par un poêle doivent servir à chauffer la cheminée pour assurer un bon tirage. Or, avec ces appareils, 80 % de la chaleur restent dans l'appartement. Si l'on observe en outre que la production d'oxyde de carbone est plus considérable avec ces poêles, on s'explique la fréquence des accidents occasionnés par ce procédé de chauffage dont l'usage est extrêmement répandu.

mée, des fumées sont rabattues et on note 1/5.000.

d) Un poêle brûle avec un feu vif : oxyde de carbone : 0. Si on procède au rechargement, on obtient 1/10.000 au bout de quelques minutes, aux abords de la cheminée.

e) Un appareil à feu continu que nous avons étudié donnait couramment 1/7.500 d'oxyde de carbone, sans qu'aucune fumée soit perceptible.

Notons qu'à Paris, l'Ordonnance de police du 27 mars 1906 prescrit pour chaque foyer domestique un conduit de fumées spécial, s'élevant dans toute la hauteur de l'immeuble et dans lequel il est formellement interdit de pratiquer des ouvertures pour y faire arriver, en provenance d'un autre étage, de la fumée, des vapeurs ou des gaz, voire même de l'air. Nous observons parfois cependant des inobservances de ces règlements sanitaires et il en résulte un tirage défectueux. C'est ainsi qu'en novembre 1925, nous avons constaté les faits suivants : un poêle placé dans l'antichambre, présente sa tuyauterie d'évacuation piquée dans la hotte de la cuisine, simplement obturée par une plaque de tôle : le tirage est médiocre, les produits de la combustion s'échappent pour la plus grosse partie dans le logement et nous trouvons à l'analyse 1/2.000 d'oxyde de carbone tant dans l'antichambre que dans la cuisine.

CONDUITS DE FUMÉES DITS « UNITAIRES ». — Il est cependant certaines localités, notamment Lyon, Grenoble et Genève, où sont en usage des conduits de

fumées dits « unitaires », et à Paris, il existe un groupe d'habitations à bon marché, rue V.-de-G., dans lequel toutes les cuisines (mais seulement celles-ci, les autres foyers étant construits conformément à l'ordonnance de police précitée) se trouvent desservies par 6 conduits de fumées dits « unitaires » du système « Aéros » desservant chacun les foyers de 5 cuisines superposées verticalement. Ces conduits sont constitués par un canal cylindrique unique partant du sous-sol et s'élevant verticalement jusqu'au-dessus du faîtage ; à chaque étage, une tubulure latérale permet l'évacuation des gaz brûlés d'un foyer. Le canal cylindrique est contenu à l'intérieur d'un canal prismatique à section carrée, formant gaine et percé lui-même à chaque étage d'une petite ouverture servant à la ventilation du local.

L'ensemble de ces deux conduits, construits en ciment aggloméré, est surmonté d'un chapeau dont les parois latérales disposées en forme de lames de persiennes convenablement inclinées ont pour but d'activer le tirage en utilisant le vent.

Le permis d'habiter n'a d'ailleurs été délivré qu'en 1921, et une décision du Préfet de Police autorisant à titre exceptionnel une dérogation à l'ordonnance du 27 mars 1906 n'a été prise, qu'après étude par le Laboratoire d'Hygiène et sous condition d'une surveillance qui s'exerce régulièrement chaque année. Disons que d'une façon générale nous constatons l'absence d'oxyde de carbone ou très exceptionnellement des traces de l'ordre du 1/100.000 et que le ti-

rage de tous les conduits se maintient positif même en dehors de toute activité des foyers. Les conclusions favorables des premières expériences se trouvent chaque année confirmées.

Cependant ce système ne s'est pas étendu à d'autres immeubles et son extension ne nous paraît d'ailleurs pas désirable.

3. *Fissures.* — Lorsque, au cours de nos enquêtes relatives à l'étanchéité des conduits de fumées, l'examen minutieux de la région de passage révèle l'existence de fissures plus ou moins profondes, nous effectuons des sondages à l'aide d'un fil de fer afin de nous rendre compte si le conduit lui-même est intéressé. Mais pour établir analytiquement les preuves de ces communications, un prélèvement d'air effectué aux abords de la région fissurée peut n'être aucunement concluant, car dans certaines circonstances et notamment quand la température du gaz circulant dans le conduit est assez élevée, le tirage peut s'établir normalement à son intérieur et l'analyse ne révéler dans ces conditions aucune trace d'oxyde de carbone.

Aussi avons-nous recours depuis 1926 à l'artifice suivant qui nous donne les plus heureux résultats : nous appliquons intimement une rondelle de caoutchouc évidée dans sa partie centrale, que nous coifons d'un entonnoir dont la douille est mise en relation avec la poire aspirante et soufflante que nous utilisons pour effectuer nos prélèvements d'air. Ce

système formant « *ventouse* » est déplacé le long de la région fissurée.

Concurremment, nous effectuons fréquemment un deuxième prélèvement d'air, sans ventouse, dans toute la zone avoisinante.

En 1936, 35 enquêtes ont porté sur des fissures intéressant des coffres de fumées dans les locaux habités.

6 fois seulement les prélèvements d'air effectués par ventouse se sont trouvés indemnes de toute présence d'oxyde de carbone, donnant ainsi la preuve que les fissures étaient superficielles.

Dans 8 cas, la proportion de ce gaz était comprise entre 1/50.000 et 1/100.000 : les fissures intéressaient bien le coffre à fumées, mais elles étaient pratiquement négligeables.

12 fois, la dose varie entre 1/10.000 et 1/50.000.

Enfin, dans 9 cas, elle oscille entre 1/3.500 et 1/10.000 et il est intéressant de comparer les résultats obtenus avec les teneurs observées dans les prélèvements effectués au voisinage sans ventouse :

Par ventouse	Sans ventouse
1/3.500	1/65.000
1/5.000	1/75.000
1/5.000	0
1/10.000	traces
1/15.000	0
1/20.000	1/65.000
1/55.000	1/100.000

Ainsi les teneurs observées dans l'atmosphère même de la pièce sont pratiquement négligeables,

tout au moins dans les conditions de nos prélèvements, car il est évident que les conditions de tirage venant à changer, les proportions pourraient se trouver considérablement augmentées.

Il est également intéressant de noter que la comparaison des résultats obtenus avec ou sans ventouse, permet de montrer l'existence de défaut d'étanchéité autre que des fissures visibles, et dont la recherche de la cause s'impose à l'homme de l'art. C'est ainsi que nous avons enregistré :

	Par ventouse	Sans ventouse
	1/60.000	1/65.000
	1/55.000	1/80.000
Parfois même les teneurs sont inversées :	1/50.000	1/45.000
	1/45.000	1/40.000

4. *Siphonage*. -- Nous classons sous cette rubrique, toutes les plaintes visant des cheminées, *en non activité*, présentant un courant d'air descendant, par suite de l'appel produit par un foyer *en activité* existant dans une autre pièce de l'appartement.

45 enquêtes ont porté en 1936 sur de tels faits.

Nos prélèvements d'air ont lieu directement au débouché de la cheminée dans la pièce.

Dans 25 cas, absence totale d'oxyde de carbone : c'est de l'air extérieur qui est ainsi aspiré.

13 fois, l'oxyde de carbone varie entre 1/50.000 et 1/100.000 : l'air siphonné est vraisemblablement un mélange d'air extérieur et de gaz de combustion évacués par une cheminée dont la mitre placée sur le faite de l'immeuble est contiguë à celle de la chemi-

née incriminée : par certaines conditions atmosphériques, vents notamment, il y a partiellement siphonage d'une cheminée sur l'autre ; il suffira de surélever la mitre pour que l'inconvénient cesse.

Mais parfois (7 cas) la cause est plus sérieuse : des fissures intéressent les conduits juxtaposés, dans leur traversée de l'immeuble ou parfois même de deux immeubles contigus et les proportions d'oxyde de carbone sont plus élevées et plus constantes.

Voici les résultats enregistrés, avec comparative-ment ceux obtenus dans l'atmosphère même de la pièce.

Air siphonné	Air de la pièce
1/8.000 (présence de fumées)	1/25.000
1/10.000 —	1/10.000
1/10.000	1/65.000
1/20.000	1/45.000
1/35.000	1/75.000
1/35.000	—
1/40.000	1/70.000

En février 1921, nous avons été appelé à étudier un cas de siphonage particulièrement instructif sur plainte de M. D., rue C. : dans l'immeuble, les tuyaux de dégagement de divers chauffe-bains sont piqués sur un conduit unique, au mépris des règlements sanitaires : dès l'allumage du chauffe-bains de l'étage inférieur, il se produit un siphonage de l'appareil correspondant du plaignant provoqué par un foyer en activité dans son appartement et on note 1/2.000 d'oxyde de carbone aux abords de cet appareil alors

qu'avant l'allumage, l'analyse ne décelait aucune trace de gaz.

D'une façon générale, les proportions maxima d'oxyde de carbone s'observent lorsqu'il existe des couches de charbon non incandescent, c'est-à-dire au moment de l'allumage, du rechargement et lorsqu'il est fait usage de poêles à combustion lente.

5. *Chauffe-bains.* — En 1936, nous n'avons eu que 3 chauffe-bains susceptibles de retenir l'attention. Dans un seul cas, nous avons obtenu une proportion inquiétante d'oxyde de carbone, après dix minutes de fonctionnement : 1/5.000.

Mais ces appareils, qui brûlent dans un temps relativement court un fort volume de gaz d'éclairage dont la flamme est constamment refroidie par le courant d'eau qui circule, sont une cause fréquente et souvent méconnue par les intéressés, d'accidents graves et parfois même mortels.

Voici quelques proportions d'oxyde de carbone qu'il nous a été donné d'observer.

a) Février 1910 : M. J., Avenue de l'O., fut retiré évanoui de sa baignoire ; une enquête nous donna 1/3.000 après un fonctionnement de dix minutes.

b) Décembre 1921 : Un chauffe-bains installé dans des conditions de tirage très defectueux (tuyau débouchant de 0 m. 20 dans une courette de faibles dimensions) : 1/150, après dix minutes de fonctionnement.

c) En 1925, 70 % des chauffe-bains examinés ac-

cusent une proportion notable d'oxyde de carbone après dix minutes d'allumage.

- e) En septembre, rue L. : 1/1.000 (conditions défectueuses ; long tuyau dans la salle de bains, obturé en partie par de l'oxyde de fer et court dégagement extérieur).

En octobre, après que le chauffe-bains eût été rapproché de la fenêtre et que l'allongement de la tuyauterie extérieure eût été effectué, le tirage se montra très satisfaisant : oxyde de carbone : 0.

- ß) En novembre, rue de la S. : 1/2.000.

- d) En 1926 : 1/800.

- e) En 1931 :

- a) En octobre, rue S. H. : 1/1.000, alors que cette cause était complètement méconnue par le plaignant qui incriminait un fonctionnement défectueux d'un calorifère à air chaud, dont l'air soufflé par la bouche de chaleur ne contenait aucune trace d'oxyde de carbone.

- ß) En novembre, rue L. : même proportion d'oxyde de carbone (1/1.000) au chauffe-bains et même absence de ce gaz dans l'air soufflé par la bouche de chaleur du calorifère à air chaud incriminé.

Nous arrêterons là cette énumération, aussi bien les dangers imputables au fonctionnement défectueux des chauffe-bains ne sont-ils plus contestés. Dans l'ensemble, la défectuosité du tirage tient à ce que, con-

trairement aux prescriptions sanitaires qui imposent un tuyau de dégagement surélevé jusqu'au faite de l'immeuble, trop souvent encore les dimensions de ce tuyau ne dépassent guère 0 m. 25 à 0 m. 40, dans des courettes parfois exiguës, risquant par ailleurs l'accès de l'oxyde de carbone aux étages supérieurs. Le tirage est en outre contrarié par suite d'une obturation plus ou moins marquée du tuyau par de l'oxyde de fer résultant de l'attaque des tuyaux de tôle par la vapeur d'eau qui accompagne les gaz de la combustion. Le remède paraît résider d'abord dans l'observation des prescriptions sanitaires, peut-être aussi dans la substitution aux tuyaux de tôle, de tuyaux de cuivre calorifugés de manière à éviter les déperditions thermiques qui s'opposent à un bon tirage. Mieux encore, on pourrait envisager une gaine en poterie s'élevant jusqu'au faîtage, intérieure ou extérieure, mais individuelle pour chaque appareil. Dans l'état actuel, il semble que les chauffe-bains individuels devraient être soumis à une *surveillance régulière* comme les appareils à vapeur, de façon à s'assurer de leur bon fonctionnement et en attendant que toutes les salles de bains et cabinets de toilette soient alimentés en eau chaude par les soins du calorifère de l'immeuble, on devrait tendre à remplacer les chauffe-bains et chauffe-eau alimentés au gaz par des appareils électriques.

6. *Cours et courettes.* — La présence de l'oxyde de carbone dans celles-ci peut être imputable, nous ve-

nons de le voir, aux chauffe-bains incorrectement installés. Mais ce n'est pas la cause dominante. Citons un exemple, particulièrement significatif : Dans un immeuble rue B. G., en mars 1908, muni de l'éclairage électrique et du chauffage à la vapeur, l'enquête ne révèle rien de suspect dans les appartements, mais si on ouvre les fenêtres des chambres ouvrant sur cour, on perçoit une odeur très nette, propre à la combustion de certains charbons. Des prélèvements d'air effectués aux 2^e, 4^e, 5^e étages accusent respectivement 1/30.000, 1/30.000, 1/20.000 d'oxyde de carbone imputables à 3 cheminées de calorifère de 3 immeubles différents, dont les fumées étaient refoulées dans la cour par des courants d'air descendants, lors de certaines circonstances atmosphériques, vents notamment.

Deux plaintes seulement en 1936 visant le rabattement dans les appartements, fenêtres ouvertes, de gaz de combustion provenant des cheminées voisines : dans un cas, absence d'oxyde de carbone ; dans le deuxième : 1/80.000 au niveau d'une fenêtre du 5^e étage.

7. *Calorifères à air chaud.* — Dans ce mode de chauffage, il faut incriminer soit la cloche qui peut être fissurée et l'oxyde de carbone sera décelé en plus ou moins grande quantité dans l'air soufflé par les bouches de chaleur, soit un défaut d'étanchéité du coffre à fumées. Les plaintes justifiées sont d'ailleurs l'exception.

En 1936, 11 enquêtes : 10 ont donné un résultat négatif, 1 a donné 1/15.000 dans un prélèvement par ventouse au droit de fissures d'un coffre à fumées.

Cependant, 2 bouches de chaleur ont accusé 1/40.000 et 1/75.000 en 1911 et, du 1^{er} janvier 1919 au 1^{er} janvier 1927, sur 16 calorifères à air chaud étudiés, nous avons obtenu une fois 1/10.000, la seconde 1/1.000, même dans des bouches, témoin d'une fissure particulièrement importante à la cloche.

En ce qui concerne ces appareils, dans lesquels l'air chaud pulsé par les bouches correspond dans la majorité des cas à la composition de l'air puisé dans la cour, on doit toutefois appeler l'attention sur les gaines dont le nettoyage est le plus souvent impossible et sur le fait que l'air appelé n'est pas dépoussiéré à son entrée dans l'immense majorité des cas : ces poussières sont carbonisées et rendent l'air chaud mal odorant, ce qui éveille l'inquiétude des occupants. Signalons enfin que parfois une communication existe entre la gaine et l'atmosphère de la cave, d'où il résulte une captation de fumées possible au moment du rechargement et du nettoyage du foyer.

8. *Calorifères à eau chaude ou à vapeur.* — 32 enquêtes en 1936 : 6 ont porté sur la chaufferie elle-même ; dans un seul cas, nous avons trouvé de l'oxyde de carbone, à la proportion de 1/35.000 par défaut de tirage et, après exécution de travaux, absence complète de ce gaz.

8 ont visé des infiltrations possibles par défaut

d'étanchéité entre la chaufferie et des pièces situées au rez-de-chaussée, directement au-dessus de celle-ci : toutes ces plaintes ont été reconnues non fondées.

18 enfin concernaient les conduits de fumées des calorifères, 2 seulement ont montré des fissures les faisant communiquer avec l'appartement : dans le premier cas : 1/1.000 d'oxyde de carbone (par ventouse) — 1/80.000 dans l'appartement ; dans le second : 1/15.000 d'oxyde de carbone (par ventouse) — traces dans l'appartement.

9. *Réchauds à charbon de bois.* — Ces appareils ne sont guère utilisés qu'intentionnellement dans un but de suicide par l'oxyde de carbone.

Signalons cependant les inconvénients présentés par l'emploi de briquettes à charbon de bois dans les chaufferettes portatives.

Dans certains ateliers de couture, on utilisait autrefois des réchauds à charbon de bois. L'un d'eux placé dans une hotte à tirage défectueux nous a donné 1/40.000 d'oxyde de carbone en juin 1908.

En mars 1936, au cours d'une enquête faite à la suite d'une plainte émanant d'un tailleur en chambre, et alors que les différents prélèvements d'air effectués ne renfermaient pas d'oxyde de carbone, nous avons constaté 1/30.000 de ce gaz dans une pièce où était utilisé un fer à repasser, dit « carreau », chauffé au charbon de bois.

Pour terminer cette étude sur l'hygiène du chauffage, en nous plaçant au point de vue fréquence, di-

sons qu'au seul cours de l'année 1936, sur 417 prélèvements d'air, effectués lors de 285 enquêtes, 162, soit près de 40 % ont présenté à l'analyse des quantités variables d'oxyde de carbone, parfois très voisines de la dose toxique (1/1.000), justifiant ainsi nombre des plaintes que nous avons eu à étudier.

2^o L'hygiène de l'éclairage.

Bien que cette question soit actuellement au second plan avec le développement incessant de l'éclairage électrique, l'éclairage par le gaz est encore suffisamment répandu pour que nous croyons utile de nous y arrêter un moment. Il est réalisé à l'aide de manchons d'oxydes de terres rares portés à l'incandescence, et si nous nous rappelons l'expérience princeps du refroidissement d'une flamme, le fonctionnement de ces appareils, dont le plus connu est le bec Auer, s'accompagnera toujours d'une production plus ou moins marquée d'oxyde de carbone. Mais dans quelles proportions, c'est là le point de vue pratique de la question que nous allons envisager.

Dès 1894, GRÉHANT signale que l'atmosphère d'une chambre de 51 mc. dans laquelle un bec Auer brûle pendant sept heures, renferme environ 1/40.000 d'oxyde de carbone, ce qui correspond à une production de 184 cmc. de ce gaz pour 100 litres de gaz brûlé, en admettant que le bec ait brûlé la moyenne de 110 litres de gaz à l'heure.

En 1905, Albert LÉVY et PÉCOUL estiment que le bec

Auer ne produit pas plus d'oxyde de carbone qu'un bec Papillon ou un Bunsen ordinaire. Ainsi dans ces mêmes conditions :

Bec Papillon	1/80.000
Bec à incandescence avec manchon.....	1/70.000
Même bec sans manchon	1/75.000

Mais en 1919, KLING et FLORENTIN obtiennent des productions d'oxyde de carbone notablement plus élevées : un bec Auer consommant 110 litres de gaz d'éclairage à l'heure serait capable d'introduire 814 cmc. d'oxyde de carbone dans une enceinte de 3 mc. 8 après une heure de fonctionnement, le même bec brûlant sans son manchon à la manière d'un Bunsen ordinaire ne leur ayant fourni que 187 cmc. d'oxyde de carbone dans le même temps, soit une proportion de 1/20.000 contre 1/5.000 pour le bec Auer.

Reprenant cette étude, MARCY en 1920, puis CAMBIER et MARCY en 1922 font de nouvelles déterminations avec des types de becs très divers : *Auer, Plaisetty, Bansept, Visseaux, Mecker*, tant sous forme de becs « droits » que des becs « renversés ». Un travail très documenté les conduit à admettre une production moyenne de 200 cmc. d'oxyde de carbone pour 100 litres de gaz brûlé, ce qui correspond après une heure de fonctionnement, dans une enceinte de 22 mc., à une proportion de 1/100.000 ; d'ailleurs cette proportion ne dépasse pas 1/40.000 dans les résultats les plus élevés.

Notons d'ailleurs, qu'entre temps, de nouvelles déterminations de KLING et FLORENTIN aboutissent à des résultats du même ordre.

En résumé, les manchons à incandescence type Auer ne présentent pratiquement aucun danger de par leur production d'oxyde de carbone.

II. — L'Hygiène de la rue.

Avant d'entreprendre l'étude du grand problème de la circulation automobile, nous envisagerons la question des braseros, installés encore sur la voie publique, à la terrasse de nombreux cafés, et qui nous paraît devoir retenir un moment l'attention.

1^o Braseros.

Nos premières recherches remontent à 1911, où en collaboration avec HENRIET, nous avons eu à étudier différentes plaintes motivées par les inconvénients imputables à ces appareils.

Janvier 1911, plainte L. L..., 36, Boulevard V..., entresol. 2 braseros installés à la terrasse du café-brasserie situé sous les fenêtres de sa chambre à coucher et de son cabinet de travail.

Prélèvements d'air effectués à la hauteur de l'appui de la fenêtre du cabinet de travail, odeur sulfureuse très nette :

Coke en combustion	1/100.000 d'oxyde de carbone
Les braseros sont allumés depuis 15 minutes.....	1/75.000 —
Prélèvement d'air à la terrasse même du café	Traces
Prélèvement sur le trottoir d'un brasero à l'autre	0
Prélèvement effectué à la fenêtre correspondante, 3 ^e étage.....	0

Décembre 1911, Boulevard des L., 3 cafés côte à
côte, 6 braseros.

Sur la terrasse, au voisinage des braseros, combustion vive	1/100.000
Sur le trottoir, sur la longueur des 3 cafés.....	0

En janvier 1914, MARCY et NOUS-MÊME expérimentons un brasero de 80 litres environ, percé de trous (modèle utilisé par la Compagnie parisienne du Gaz dans ses travaux sur la voie publique).

Point de distance du prélèvement à la surface du combustible	Brasero récemment garni de coke	Brasero brûlant à feu vif
0 m. 20	»	1/5.000
0 m. 40	1/500	1/10.000
0 m. 60	1/1.000	1/100.000
1 m.	1/1.500	traces
1 m. 20	1/5.000	traces
2 m.	1/10.000	absence
3 m.	traces	absence

Notons que dans la pratique, le brasero est allumé ou rechargé en bordure du trottoir et n'est introduit sur la terrasse que lorsque le feu est vif.

Mars 1914, MARCY et NOUS-MÊME étudions la plainte de M^{me} B..., directrice d'une école privée située au 1^{er} étage d'un immeuble, Boulevard M...

Le rez-de-chaussée est occupé par un café-restaurant dont la surface est close sur toutes ses faces par une banne de toile, sauf en façade masquée par des plantes vertes. Dans cet espace d'un volume de 24 mc. environ est placé un brasero de 60 cm. de diamètre, surmonté d'un entonnoir tronconique terminé par un tuyau de 15 cm. de diamètre, dont l'orifice débouche à une faible distance de la bâche supérieure. Un léger intervalle entre le mur de façade et la banne permet une évacuation des gaz de la terrasse qui débouchent ainsi dans l'atmosphère à 25 cm. environ des fenêtres de l'institution.

Trois prélèvements d'air effectués à des moments différents dans cet intervalle d'une superficie de 950 cmq. accusent $1/50.000$, $1/75.000$, $1/30.000$, alors qu'un échantillon d'air prélevé à la fenêtre ouverte de la classe enfantine renferme $1/100.000$ et à celle de la classe élémentaire des traces seulement.

Il apparaît de ces résultats et de ceux fournis tant par les enquêtes de 1911, que par d'autres effectuées ultérieurement, que les gaz provenant de la combustion de braseros installés à la terrasse des cafés, déjà peu riches en oxyde de carbone dans les conditions normales d'utilisation, sont rapidement brassés dans l'atmosphère environnante et la dilution est suffisante pour que l'analyse ne révèle que des quantités négligeables d'oxyde de carbone. Il ne faut pas cependant

méconnaître la présence accidentelle de fumées à odeur âcre et sulfureuse plus ou moins accentuée, obligeant le plus souvent à tenir les fenêtres fermées tout au moins à l'étage immédiatement au-dessus du café, pas plus que la température élevée de gaz, qui a atteint 30° dans une de nos déterminations. Si l'on envisage par ailleurs la possibilité d'accumulation d'oxyde de carbone à la terrasse même du café, lorsque celle-ci est presque hermétiquement close comme c'est fréquemment le cas, on est amené à émettre le vœu que les braseros — tant ceux utilisant le coke, que ceux fonctionnant au gaz d'éclairage, comme cela se présente parfois — soient remplacés par des braseros électriques dont l'usage tend actuellement à se répandre, et qui devraient être imposés par une réglementation spéciale.

2° La traction automobile dans les villes et le danger oxycarboné.

Ce n'est guère que depuis une vingtaine d'années que l'attention a été attirée sur la production élevée d'oxyde de carbone renfermée dans les gaz de combustion des voitures automobiles : en 1917, en effet, au cours de la guerre, le Professeur TANON a signalé le premier des accidents d'intoxication chez des blessés transportés dans les voitures d'ambulances automobiles, dont le chauffage intérieur avait été réalisé en dérivant dans un radiateur les gaz d'échappement du moteur.

Nous nous proposons de passer en revue les différents aspects de l'importante question du développement croissant de la circulation automobile sur l'hygiène urbaine.

Nous envisagerons tout d'abord la production d'oxyde de carbone par les automobiles (moteurs à essence — à huile lourde) en étudiant la composition des gaz d'échappement.

Puis nous rechercherons quelle en est la répercussion sur la composition atmosphérique en déterminant la richesse en oxyde de carbone de l'air tant dans les rues de Paris et dans les passages souterrains pour automobiles que dans les garages et ateliers de réparations et aussi dans les automobiles elles-mêmes.

A. — PRODUCTION D'OXYDE DE CARBONE.

COMPOSITION DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT.

1. *Moteurs à essence.*

Ce sont les moteurs dits « à explosion » (type automobile de tourisme) dans lesquels un mélange d'air et d'essence introduit par le fond du cylindre est enflammé à l'aide d'une bougie d'allumage.

En 1922, dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences, puis en 1925, au Congrès de Chimie industrielle, KOHN-ABREST fait une étude très approfondie des gaz d'échappement dans les automobiles en marche. Les prélèvements de ces gaz sont effec-

tués à l'aide d'un long tube de cuivre introduit à l'intérieur du pot d'échappement.

- a) Voiture à l'arrêt, moteur débrayé tournant à pleine vitesse.
- b) Voiture à l'arrêt, moteur débrayé tournant au ralenti.
- c) Démarrage en 1^{re} vitesse avec le « coup d'huile » (fumées).
- d) A 20 kilomètres à l'heure.
- e) A 40 kilomètres à l'heure.
- f) A 60 kilomètres à l'heure.

Sept séries d'expériences sont effectuées, nous en citerons deux particulièrement démonstratives.

1^{re} EXPÉRIENCE (TORPÉDO 1923 17 CV)

	Moteur emballé à l'arrêt 2.500 tours	Moteur au ralenti à l'arrêt 300 tours	Au démarrage	20 kilom.	60 kilom.
	%	%	%	%	%
Oxyde de carbone ..	3,85	4,10	6,25	6,30	4,40
Acide carbonique ..	3,45	2,25	8,45	6,30	6,55
Oxygène	11,50	13,35	1,00	4,55	5,45
Carbures d'hydro- gène absorbables par le brome :					
acétyléniques	0	présence	0	»	0
éthyléniques	0	id.	3,75	»	0
forméniques	traces	id.	traces	»	traces
Azote	81,20	»	80,55	»	84,60
It	1,13	1,82	0,74	1,00	0,67

2^e EXPÉRIENCE (VOITURETTE 6 CV)

	Moteur emballé à l'arrêt 2 000 tours	Moteur au ralenti à l'arrêt	10 kilom.	20 kilom.	60 kilom.
	%	%	%	%	%
Oxyde de carbone .	0,46	4,35	0,10	0,80	0,20
Acide carbonique ..	4,60	3,40	3,55	3,70	3,17
Oxygène	14,27	13,10	13,85	14,35	11,10
Carbures d'hydro- gène absorbables par le brome.....	0	0	0	»	»
Azote	80,67	79,15	82,45	»	»
It	0,10	1,28	0,03	0,21	0,06

Cet auteur propose de classer tout système utilisant un combustible quelconque suivant un facteur numérique « *indice de toxicité* » exprimant le rapport des volumes d'oxyde de carbone et d'acide carbonique produits lors de la combustion.

$$It = \frac{CO}{CO_2}$$

Dans les sept séries d'expériences It varie de 0,03 à 1,82. L'oxyde de carbone est extrêmement variable et oscille entre 0,10 et 7,75 % ; il n'est pas forcément maximum « au ralenti », c'est It qui est maximum.

Celui-ci varie avec l'essence (il est plus grand avec l'essence « poids lourds » qu'avec l'essence « tourisme »), avec le *carburateur* et avec les *caractéristiques du moteur*, il est maximum au ralenti, il n'augmente pas au démarrage, il ne varie guère avec la vitesse.

Or, la production d'oxyde de carbone au lieu d'acide carbonique est une perte thermique, par suite Il est lié au « *degré de l'utilisation de l'essence* ». L'attention des constructeurs doit donc être attirée sur la possibilité d'assurer une combustion aussi parfaite que possible de l'essence : la suppression pratique de la production d'oxyde de carbone réalisera un double avantage au point de vue de l'économie et de l'hygiène.

Et KOHN-ABREST ajoute :

« Que serait Il dans le cas d'addition au carburant d'un antidétonant (corps nitré organique) ? il semblerait qu'en raison de l'oxygène qu'il contient, ce dérivé devrait réduire la proportion d'oxyde de carbone, de sorte qu'en dehors du but poursuivi (meilleur rendement du moteur) l'hygiène serait améliorée. »

Nous reviendrons d'ailleurs sur la question des antidétonants.

Reprenant ces expériences, en 1927, sur un camion Fiat, MARCY trouve des résultats du même ordre.

	Moteur au ralenti à l'arrêt	3 ^e vitesse	4 ^e vitesse
	%	%	%
Oxyde de carbone.....	3,0	6,3	1,6
Acide carbonique.....	2,3	9,2	12,3
Oxygène.....	14,3	1,1	1,1
Carbures absorbables par le brome.	1,0	0,4	0
Carbures saturés	0,5	traces	0
Azote	78,9	83,0	85,0
It	1,30	0,68	0,13

NOUS-MÊMES, en juin 1937, enregistrons des compositions très voisines sur une Peugeot, type 301 D, 1935

8 CV, utilisant l'essence « tourisme » additionnée de « fire-point ».

	Moteur au ralenti à l'arrêt	Moteur emballé à l'arrêt	Marche à 60-70 kms-h.
	%	%	%
Oxyde de carbone.....	3,52	2,52	2,00
Acide carbonique.....	8,38	11,46	10,20
Oxygène	0,62	0,19	3,10
Carbures absorbables par le brome.	0,36	0,53	0
Azote	87,12	85,30	84,70
It	0,42	0,22	0,19

Nos résultats confirment ceux de KOHN-ABREST et de MARCY. Ces dernières années aux Etats-Unis, le Service des Mines des U. S. A. a établi qu'un carburateur satisfaisant entraîne un dégagement de 1,2 % d'oxyde de carbone dans le gaz d'échappement et un appareil défectueux : 11 à 12 %.

Il importe donc de supprimer, autant que faire se peut, la production d'oxyde de carbone dans les gaz d'échappement.

Dès 1927, M. MASSARD, Conseiller Municipal de Paris, attire l'attention du Conseil Municipal sur l'oxyde de carbone produit par les automobiles et demande l'institution d'un concours. La même année, un « catalyseur Boyer » préconisé pour transformer l'oxyde de carbone en acide carbonique ne donne guère de résultats, et actuellement le problème de la suppression de l'oxyde de carbone dans les gaz d'échappement n'est pas réalisé : il importe donc de réduire au minimum la marche du moteur au ralenti.

2. Moteurs à « huile lourde ».

Tout récemment, en décembre 1937, dans un très intéressant rapport au Conseil d'Hygiène Publique et de Salubrité du Département de la Seine, au nom de la Commission d'étude contre la « Pollution de l'air », le général MAURIN et KLING étudient la composition des gaz d'échappement des moteurs du type « Diesel » dans les cylindres desquels on introduit de l'air pur, puis du combustible liquide, lourd (« gas oil ») finement pulvérisé.

En marche normale, il n'est pas utilisé de bougie d'allumage : l'inflammation du mélange se fait sans l'intervention d'aucun dispositif extérieur, grâce à l'élévation de température produite par la compression brusque de l'air.

Ces auteurs ont expérimenté 3 types de moteurs :

un moteur Baudouin, à accumulation d'air ;

un moteur C. L. M. Berry, à deux temps, à pistons opposés ;

et un moteur Lorraine, à chambre de précombustion,

avec trois échantillons différents de combustible : Gaz oil type « Chemin de fer », type « Irak » et type « Vénézuëla ».

Quatre conditions de marche sont envisagées :

au ralenti, à vide,

à faible charge (20 à 25 % de la charge normale),

à charge normale,

et en surcharge de 10 % environ.

Nous indiquerons seulement les proportions d'oxyde de carbone observées, puisque aussi bien l'objet de notre étude se borne-t-il au « Danger oxycarboné ».

Dans le *moteur Baudoin*, le pourcentage d'oxyde de carbone dans les gaz brûlés est inférieur à 0,1 en volume, à faible charge et à charge normale. Il peut monter jusqu'à 1, dans le cas de surcharge et surtout avec dérèglement de la pression d'injection, quantité cependant nettement inférieure à celle que nous avons indiquée dans les gaz d'échappement et fumées de moteurs « à essence », dont la carburation est généralement trop riche.

Avec le *moteur C. L. M. Berry*, la proportion d'oxyde de carbone observée dans le cas le plus défavorable ne dépasse pas 0,16 %.

Enfin, avec le *moteur Lorraine*, elle est très faible, elle oscille entre 0,02 et 0,05 % et son maximum, avec tous les dérèglages, est de 0,15 %.

Ainsi donc, les quantités d'oxyde de carbone contenues dans les fumées émises par les moteurs « Diesel » sont très faibles et fort inférieures à celles produites par les moteurs alimentés à l'essence et cela tiendrait, d'après les auteurs, à ce qu'ils fonctionnent avec une admission d'air pratiquement constante et que, même en cas de surcharge, les gaz d'échappement qu'ils évacuent contiennent encore un excès d'oxygène très notable, excès qui devient très considérable lorsque la charge diminue.

Aussi au point de vue émission d'oxyde de carbone,

le fonctionnement du moteur Diesel ne doit-il pas être considéré comme particulièrement dangereux.

C'est pourquoi le général MAURIN et KLING ne portent pas leurs efforts vers la rétention de l'oxyde de carbone, mais plutôt vers celles des éléments nocifs des gaz d'échappement (les imbrûlés liquides et gazeux, représentés par les carbures non brûlés ou imparfaitement oxydés et les suies) pour l'épuration desquels ils préconisent un barbotage dans l'eau additionnée de produits neutralisants, carbonate de soude, chaux, etc... et mieux encore, une décoloration et une désodorisation à peu près complètes en combinant le lavage à une filtration ultérieure sur des charbons activés.

B. — RÉPERCUSSION DE LA PRODUCTION

D'OXYDE DE CARBONE

SUR LA COMPOSITION DE L'AIR ATMOSPHÉRIQUE.

1. *Influence de la circulation automobile sur la composition de l'atmosphère parisienne : L'hygiène de la rue.*

Le stationnement des voitures au ralenti est inévitable dans les grandes artères parisiennes, où la circulation particulièrement intense à certaines heures de la journée, impose l'établissement de barrages à hauteur des carrefours, de façon à permettre l'écoulement des voitures et des piétons.

Etant donnée la proportion massive d'oxyde de

carbone déversée par les pots d'échappement dans l'atmosphère, on peut se demander quelle va être sa répercussion sur la composition de celle-ci.

En 1926, MARCY entreprend cette étude (*Annales des Services Techniques d'Hygiène de la Ville de Paris*, Tome VIII, page 36) et des prélèvements opérés dans des barrages à hauteur des pots d'échappement, fournissent des teneurs d'oxyde de carbone comprises entre 1/2.000 et 1/12.000, montrant ainsi que bien que ces quantités soient très appréciables, la dilution dans l'air atmosphérique s'effectue rapidement et de manière intense.

Mais plus intéressants encore sont les résultats obtenus dans des prélèvements opérés à 1 m. 60 du sol, c'est-à-dire dans la zone respiratoire des piétons :

	Oxyde de carbone	Nombre approximatif horaire des voitures
Pl. de l'Opéra, barrage face Grand-Hôtel.	1/7.500	2.000
Rue Mogador, entre le Bd Haussmann et la rue de Provence	1/50.000	960
Rue de Provence, entre les rues Mogador et Chaussée d'Antin	1/80.000	180
Rue de la Chaussée-d'Antin, entre la rue de Provence et le Bd Haussmann.....	1/80.000	720
Boulevard Haussmann, entre les rues Mo- gador et Chaussée-d'Antin.....	1/80.000	—
Place de la République	Absence	—
Bd Saint-Martin, côté pair	1/25.000	1.600
Bd Saint-Martin, côté impair.....	Absence	1.600
Bd de Strasbourg, angle Gds Boulevards.	1/75.000	1.300
Bd Sébastopol, angle Gds Boulevards ..	1/20.000	1.300
Axe Gds Boulev., angle Bd Sébastopol et Strasbourg.....	1/50.000	1.900
	à 1/20.000	

FLORENTIN, en 1927 (*C. R. de l'Académie des Sciences*, 185, 1927, p. 1538), publie une trentaine d'observations tant dans le centre de Paris que dans les quartiers périphériques et la banlieue même, portant sur une période d'environ deux années. Il obtient des résultats de même ordre dans les artères fréquentées et aux heures de grande affluence 1/25.000, alors qu'à la périphérie et en banlieue, la proportion d'oxyde de carbone est inférieure au 1/100.000 en rapport avec la faible circulation automobile.

De plus, l'oxyde de carbone diminue rapidement en fonction de la hauteur :

Rue Mogador :

Rez-de-chaussée.....	1/35.000
2 ^e étage	1/100.000
3 ^e étage	< 1/100.000

En 1927, CAMBIER et MARCY publient dans les *Annales des Services Techniques d'Hygiène de la Ville de Paris*, T. IX, p. 42, une nouvelle série de déterminations effectuées dans les barrages d'artères du centre de Paris particulièrement encombrées :

	Oxyde de carbone —	Nombre approximatif horaire de voitures —
A 0 m. 20 au-dessus du sol :		
Rue Mogador, Bd Haussmann.....	1/2.000	1.800
Place Opéra, rue Auber	1/8.000	2.600
Porte Saint-Martin	1/10.000	1.500
A 1 m. 60 au-dessus du sol :		
Rue Mogador, Bd Haussmann	1/50.000	800
Place Opéra, Bd Capucines	1/100.000	1.400
Porte Saint-Martin	1/25.000	1.500
Faubourg Saint-Denis	1/50.000	1.900

Ils étudient, en outre, la variation horaire de la teneur en oxyde de carbone de l'atmosphère d'une rue étroite à sens unique, empruntée par un assez grand nombre de voitures et où, à certaines heures, un barrage régulateur est établi (Rue Mogador, angle Boulevard Haussmann, sur le trottoir à 1 m. 60 au-dessus du sol) :

	Heures	Oxyde de carbone	Nombre approximatif horaire de voitures
Circulation libre	{ 7 h.	< 1/100.000	160
	{ 8 h.	< 1/100.000	300
	{ 9 h.	1/100.000	790
Barrage	{ 10 h.	1/50.000	720
	{ 11 h.	1/50.000	720
	{ 12 h.	1/20.000	1.000
Circulation libre	{ 13 h.	< 1/100.000	600
	{ 14 h.	1/50.000	960
	{ 15 h.	1/50.000	1.000
Barrage	{ 16 h.	1/20.000	1.100
	{ 17 h.	1/20.000	1.100
	{ 18 h.	1/15.000	1.400
Circulation libre	{ 19 h.	1/50.000	900
	{ 20 h.	< 1/100.000	600
	{ 21 h.	< 1/100.000	520

Ainsi donc, les teneurs en oxyde de carbone à 1 m. 60 du sol, c'est-à-dire dans l'air respiré par les piétons, n'atteignent qu'exceptionnellement 1/15.000 et tombent rapidement à moins de 1/100.000 dès que la circulation devient libre.

Désireux de nous rendre compte des aggravations susceptibles d'être apportées par le développement incessant de la traction automobile, depuis ces travaux remontant déjà à une dizaine d'années, nous

avons procédé en juin 1937, vers 16 h., à quelques déterminations, en faisant des prélèvements à 1 m. 60 du sol, dans les barrages établis en zones de circulation particulièrement intense :

	Oxyde de carbone	Nombre horaire approximatif de voitures
Rue Mogador, entre le Bd Haussmann et la rue de Provence	1/35.000	1.100
Rue de Provence, entre la rue Mogador et la rue Chartras.....	1/70.000	1.200
Place de l'Opéra, rue Auber.....	1/75.000	3.000

Ces résultats viennent corroborer entièrement ceux antérieurement obtenus et il semble bien qu'il ne résulte aucun inconvénient actuellement pour la santé publique, du fait de la circulation incessante des automobiles dans les voies parisiennes.

On peut cependant se demander s'il en est de même pour les habitants des rez-de-chaussée, les boutiquiers en particulier, appelés à séjourner des heures entières chaque jour dans une atmosphère accusant fréquemment des doses d'oxyde de carbone de l'ordre de 1/15.000 à 1/20.000 : c'est la question si controversée de l'oxycarbonisme chronique que nous envisagerons ultérieurement.

Aux Etats-Unis, des hygiénistes, HENDERSON et HOGGARD, SCHIWAY, MAC NOLLY ont également étudié le problème automobile et les résultats publiés par eux sont beaucoup plus élevés. Si la teneur de 1/10.000 signalée dans une rue étroite à grande circulation n'a rien de très surprenant — et encore faudrait-il savoir

si elle a été observée à l'occasion des barrages — les chiffres suivants ne sont point sans motiver quelque scepticisme :

HENDERSON et HOGGARD signalent une atmosphère à 1/1.600 d'oxyde de carbone autour d'une voiture à l'arrêt, le moteur tournant au ralenti et 1/10.000 à 1/5.000, à quelques mètres en arrière de celle-ci circulant à 40 km. à l'heure.

Plus encore, WILSON, GATES, OWEN, DAWSON, examinant le sang des agents de la circulation dans les carrefours très encombrés, ont décelé, après huit heures de fraction, 30 % d'hémoglobine oxycarbonée.

2. Atmosphère des passages souterrains pour automobiles.

Ces passages souterrains se multipliant depuis quelques années en des carrefours plus ou moins périphériques particulièrement fréquentés, il nous est apparu intéressant de procéder à des recherches sur la composition de leur atmosphère à 1 m. 50 du sol environ.

a) PASSAGE SOUTERRAIN QUAI DE TOKIO. — D'une longueur de 200 mètres environ, ce passage a été établi sous les pavillons de l'Allemagne et de l'Union des Républiques Soviétiques Socialistes au cours de l'Exposition de 1937. Les voitures circulent dans les deux sens et un trottoir est réservé aux piétons. Des ouvertures permettant une certaine aération sont établies aux deux extrémités uniquement.

	Nombre horaire approximatif de voitures	Oxyde de carbone		
		Entrée souterrain côté Passy	Milieu	Entrée souterrain côté Alma
8 mars 1937, 12 h.....	75	1/10.000	1/25.000	1/30.000
9/3/37, 16 heures.....	180			
(Arrêt momentané des voitures)		1/8.000	1/18.000	1/12.000
13/3/37, 6 heures.....	10	1/75.000	»	»

De plus, des mesures anémométriques ont été effectuées le 9 mars, à 16 heures.

Entrée côté Passy .	{	Direction Passy 20 m.	minute
		— Alma 65 m.	—
Milieu	{	Direction Passy 40 m.	—
		— Alma 60 m.	—
Entrée côté Alma..	{	Direction Passy 25 m.	—
		— Alma alternatives avec pré-	dominance positive.

Ainsi, donc, il existe un double courant gazeux constant, mais l'oxyde de carbone déversé dans l'atmosphère libre aux entrées du souterrain est rapidement brassé dans l'air et sa teneur tombe d'ailleurs à des traces, 1/100.000, ainsi que nous l'avons observé dans un échantillon d'air prélevé le 9 mars à 16 heures à 15 mètres environ de l'entrée Alma.

b) PASSAGE SOUTERRAIN PORTE DE CHAMPERRET. — D'une longueur approximative de 700 mètres dans sa plus grande étendue, ce passage, interdit aux piétons, est divisé en plusieurs tronçons ; pour certains, la circulation se fait dans les deux sens ; pour d'autres, elle est à sens unique.

Une large ventilation est assurée par 8 baies d'aération rectangulaires, 4 de chaque de côté, jumelées

2 à 2, de 20 mq. environ chacune, débouchant sur la voie publique au ras du trottoir et en outre par une cheminée circulaire de 3 mètres de diamètre environ.

Plusieurs avis le long du parcours recommandent l'arrêt des moteurs en cas d'embouteillage.

Le 23 juin 1937, à 16 heures, les voitures circulent à vive allure, au nombre horaire approximatif de 1.200. Prélèvement d'air effectué sur toute la longueur du tunnel :

Oxyde de carbone : 1/40.000.

c) PASSAGE SOUTERRAIN PORTE-MAILLOT. — 350 mètres environ de longueur, interdit aux piétons, double circulation, deux baies d'aération latérales et d'un même côté de forme ovale, de 45 mq. environ chacune.

Le 23 juin 1937, 16 h. 30, nombre approximatif de voitures : 1.600, circulant à vive allure. Prélèvement d'air effectué sur toute la longueur du tunnel :

Oxyde de carbone : 1/40.000.

d) PASSAGE SOUTERRAIN PORTE DAUPHINE (Passage *Henri Gaillard*). — 250 mètres environ de longueur, interdit aux piétons, double circulation ; à la voûte : 2 baies d'aération ovalaires de 45 mq. environ chacune.

Le 23 juin 1937, vers 17 heures, nombre approximatif de voitures : 1.400, circulant à vive allure. Prélèvement d'air effectué sur toute la longueur du tunnel :

Oxyde de carbone : 1/30.000.

e) PASSAGE SOUTERRAIN PORTE DE LA VILLETTE. — 200 mètres environ de longueur, interdit aux piétons, circulation à sens unique, 2 baies d'aération ovalaires, débouchant à l'extérieur par des orifices latéraux circulaires de 8 mq. environ et une très large ouverture rectangulaire occupant toute la voûte et présentant une superficie de 65 mq. environ.

Le 25 juin 1937, 17 heures, nombre approximatif horaire des voitures : 500, circulant à vive allure. Prélèvement d'air effectué sur toute la longueur du tunnel :

Oxyde de carbone : 1/75.000.

3° *Hygiène des garages et ateliers de réparations.*

Sans qu'il soit nécessaire de procéder à de nombreuses déterminations, ce que nous avons vu au sujet de la composition des gaz d'échappement, moteur tournant au ralenti, indique surabondamment la nécessité d'assurer une ventilation des garages et ateliers de réparations (1).

a) GARAGES INDIVIDUELS. — Nous avons tenu cependant à nous rendre compte dans quelle mesure la mise en marche du moteur peut influencer, tant en saison chaude qu'en saison froide, la composition atmosphérique des « *garages individuels* ».

(1) Les garages ou remises d'automobiles qui ont un caractère industriel ou commercial sont réglementés par la loi du 19 décembre 1917 sur les Etablissements classés.

En juin 1937, nous avons effectué une série de déterminations sur des voitures de types divers en conduisant nos expériences de la façon suivante :

1° Porte et fenêtre (le cas échéant) maintenues largement *ouvertes*, le moteur mis en marche au starter, tourne ensuite au ralenti pendant toute la durée d'un prélèvement d'air effectué dans l'atmosphère générale du garage, autour de la voiture (3 à 5 minutes environ).

Nous nous rapprochons ainsi des conditions de mise en marche en saison tempérée ou chaude, en exagérant toutefois la durée d'échauffement préliminaire et d'ailleurs très variable avec les différents types de voitures, mais ce sont surtout les conditions qui se produisent en hiver qui sont intéressantes à envisager et que nous reproduisons assez fidèlement dans le deuxième prélèvement.

2° Le premier prélèvement terminé, porte et fenêtre sont *fermées* et le moteur continuant à tourner au ralenti, nous procédons à la deuxième prise d'air.

Voici les résultats que nous avons enregistrés. Certains toutefois ont été obtenus en expérimentant de façon quelque peu différente, mais les résultats étant dans tous les cas du même ordre, nous les groupons tous dans le même cadre.

Observations	Type de voiture	Oxyde de carbone	
		Garage ouvert	Garage fermé
17/6/37. Garage ventilé par une fenêtre et un conduit d'aération de 20 × 20, avant de la voi- ture vers le fond du ga- rage	CITROEN 7 B	1/2.000	1/1.000
21/6/37. Garage sans ven- tilation surface 10 m ² 6, cubage 30 m ³ , avant de la voiture vers la porte d'entrée de 5 m ² de sur- face	CITROEN 10 HP	1/6.000	1/1.000
21/6/37. Garage sans ven- tilation, surface 13 m ² 75, cubage 37 m ³ , avant de la voiture vers le fond du garage	CITROEN 1934 10 HP	1/6.000	1/1.000
21/6/37. Garage pourvu d'une ventilation, sur- face 16 m ² 5, cubage 55 m ³	PEUGEOT 201 1930	1/8.000	1/5.600
30/6/37. Garage ventilé par une fenêtre de 0 m ² 8, porte d'entrée de 4 m ² 5, surface 11 m ² 35, cu- bage 24 m ³ , avant de la voiture vers le fond du garage	RENAULT Mo- naquatre 6 HP 1933	1/15.000	1/2.400
5/7/37. Garage sans ven- tilation, surface 12 m ² 20, cubage 35 m ³ , avant de de la voiture vers le fond du garage	CHENARD 10 HP 1928	1/5.000	1/600
8/7/37. Garage ventilé par une fenêtre de 1 m ² , sur- face 22 m ² 50, cubage 47 m ³ 25, avant de la voiture vers le fond du garage	SIMCA 5 CV 1936	1/9.000	1/3.000

Différents facteurs influent sur les résultats observés :

- le type de la voiture ;
- la disposition de la voiture à l'intérieur du garage, selon que l'avant est dirigé vers le fond ou vers la porte d'entrée ;
- le cubage du garage ;
- l'existence de moyens de ventilation, autres que la porte.

Il y a lieu de noter que le garage étant fermé — conditions d'hiver — les proportions d'oxyde de carbone enregistrées atteignent souvent le 1/1.000, c'est-à-dire la concentration considérée comme dangereuse et même le dépasse (1/600), mais cependant, étant donné le séjour de 10 minutes au plus, incapable de provoquer des accidents graves, et à plus forte raison, mortels.

Cependant, une telle situation doit retenir l'attention des hygiénistes et on doit conseiller au chauffeur de maintenir autant que possible la porte entr'ouverte pendant toute la durée d'échauffement du moteur et de disposer la voiture dans le garage, de telle sorte que l'arrière se trouvant vers la porte, les gaz d'échappement ne s'accumulent pas à l'intérieur. C'est d'ailleurs pratiquement la règle. Mieux encore, un système de ventilation devrait être obligatoirement prévu, mais dans des conditions telles qu'il ne puisse être en aucune façon source de danger ou simplement de gêne pour le voisinage.

Tout récemment d'ailleurs, un arrêté du Préfet de

la Seine du 7 août 1936, édicte un certain nombre de prescriptions qui doivent être observées dans l'installation des « garages individuels » ; nous en extrayons ce qui a trait à la ventilation :

Pour chaque voiture, une surface de 15 mq. est exigée.

Les remises, quelle que soit leur importance, ne doivent jamais être utilisées, même partiellement, pour accès à des locaux habités.

Les remises seront bien ventilées.

La ventilation est interdite sur les courettes.

Les remises pourront être ventilées sur les cours, à condition que les baies ne soient pas au-dessous des fenêtres des locaux d'habitation et qu'elles en soient éloignées d'une distance horizontale de 3 mètres au moins.

Quand la baie d'aération ne pourra pas être éloignée d'un intervalle horizontal de 3 mètres des fenêtres supérieures, la ventilation de la remise sera obtenue par une ou plusieurs trémies de section suffisante, ayant au moins la section d'un mètre carré avec un côté de 0 m. 20 au moins. Elles devront permettre le renouvellement de l'air 3 fois par heure au moins et seront, au besoin, munies de dispositifs mécaniques, afin d'obtenir ce résultat. Les trémies seront élevées d'un mètre au moins au-dessus de la toiture des locaux habités.

Il serait désirable que ces prescriptions soient observées, bien que les dimensions de la trémie imposées nous paraissent quelque peu exagérées.

b) ATELIERS DE RÉPARATION. — Nous avons été appelé à procéder à un prélèvement d'air en décembre 1937 dans un atelier de réparation (cubage 260 mc. d'air, une porte de 2×3 fermée, 1 imposte de $0,50 \times 0,50$ fermée, 2 ouvriers) : moteur 201 Peugeot, tournant au ralenti depuis 10 minutes avec production de fumées à odeur âcre et piquante. Oxyde de carbone : 1/2.000.

Plus encore, CAROZZI signale au Congrès du Travail 1923 des proportions d'oxyde de carbone de l'ordre de 1/500, dans certains garages fermés où des moteurs tournent à vide, et l'on conçoit parfaitement la possibilité d'atteindre des teneurs encore plus élevées.

Par ailleurs, en 1932, dans une communication à l'Académie de Médecine (*Bulletin de l'Académie de Médecine*, t. CVIII, p. 1624) M. le Professeur TANON, en collaboration avec MM. CAZENEUVE et NEVEU, signale le cas de 3 ouvriers, travaillant depuis plusieurs mois dans le fond d'un garage où l'on effectuait des réparations de moteurs, chez lesquels ils ont observé « sans signe d'intoxication, une mydriase double et intense, l'iris étant réduit à un cercle de 1 mm. d'épaisseur ». Ils émettent l'avis qu'il s'agit d'une action toxique élective pour les centres bulbaires, des vapeurs d'essence, d'hydrocarbures, des gaz d'échappement, ces derniers étant plus dangereux seulement par la forte proportion d'oxyde de carbone qu'ils renferment.

Quoi qu'il en soit, et plus encore même que pour les garages individuels, le séjour dans de telles atmos-

phères étant constant et prolongé, il y a lieu d'assurer obligatoirement un système de ventilation énergique des ateliers de réparations, compte tenu d'une protection efficace du voisinage.

4. *Hygiène des automobiles.*

Nous avons signalé au début de cette étude que, dès 1917, le Professeur TANON avait attiré l'attention sur des accidents survenus dans des ambulances sanitaires servant au transport des blessés.

En 1932, dans une communication à l'Académie de Médecine (*Bulletin de l'Académie de Médecine*, t. VIII, 1932, p. 1624), le même auteur, en collaboration avec MM. CAZENEUVE et NEVEU, rend compte d'accidents, qu'il rattache à une intoxication bulbaire, observés chez un certain nombre de conducteurs de taxis parisiens et d'autocars au cours des examens médicaux effectués à la Préfecture de Police. Il signale la fréquence des inégalités pupillaires légères, sans aucun trouble des réflexes, sans aucune lésion organique apparente, et avec une réaction de Bordet-Wassermann négative, éliminant ainsi l'hypothèse d'une syphilis ancienne méconnue ou cachée. La proportion des chauffeurs chez lesquels cette particularité a été observée est de 400 pour 4.000 examens, soit 10 %, et se produirait dès un séjour de quelques heures dans une conduite intérieure fermée. Dans trois cas, l'intoxication plus marquée aurait été cause d'accidents et les conducteurs, revenus à l'air libre, présen-

taient encore des étourdissements et une démarche titubante : les voitures qui étaient restées fermées pendant la marche, examinées, présentaient un plancher disjoint où filtraient les gaz d'échappement.

Ces faits nous ont paru dignes d'être rapportés. Il nous paraît cependant qu'il eut été intéressant, puisque aussi bien une ponction veineuse a souvent été effectuée en vue d'une réaction de Bordet-Wassermann, de compléter ces constatations par une recherche de l'oxyde de carbone dans le sang à l'aide de l'hémospéctromètre de BALTHAZAR et un dosage de l'alcool par le procédé de NICLOUX, la possibilité d'une étiologie alcoolique pouvant être discutée, malgré les déclarations — peut-être un peu intéressées — des chauffeurs, déclarant « ne pas avoir bu ».

Quoi qu'il en soit, ces observations sont susceptibles d'être rapprochées de celles faites sur des aviateurs dans des appareils à carlingue réduite : chasse ou petits avions de tourisme.

La question de l'hygiène des automobiles préoccupe d'ailleurs les pouvoirs publics et en novembre 1934, sur la demande de M. ROULLERAT, Inspecteur général adjoint, Chef des Services techniques des Transports en Commun à la Préfecture de la Seine, nous avons effectué *la recherche de l'oxyde de carbone dans des échantillons d'air prélevés dans divers types d'autobus*.

Voici un relevé de nos cahiers d'analyses :

Autobus	AG	N° 1525	Oxyde de carbone	1/25.000
—	EX	N° 6087	—	Absence
—	CF-9	N° 2782	—	1/30.000
—	ligne 4	N° 2795	—	1/35.000
—	Q AF	N° 6055	—	1/85.000

AG : Place Palais-Royal, 8 h. 45, complet.

EX : Porte de Versailles-Vanves, 13 h. 30, 21 voyageurs.

CF/9 : Porte de la Chapelle-Jardin des Plantes, 17 h. 30, complet, temps couvert. Prélèvement sur la plateforme centrale, Bd Sébastopol, entre rue de Rivoli et Grands Boulevards.

Ligne 4 : Montreuil, Bastille, Louvre, 11 h. 45. Complet, temps très couvert. Prélèvement plateforme centrale, rue du Fg Saint-Antoine, de la place de la Bastille à l'hôpital Saint-Antoine.

Ligne Q/AF : Gare Montparnasse-Porte de Vanves, 13 h. 45 24 voyageurs, beau temps. Prélèvement plate-forme arrière à partir de la Porte de Vanves, rue de l'Ouest. Av. du Maine et rue du Départ jusqu'à la gare Montparnasse.

Signalons encore qu'en 1926 (*Annales des Services techniques d'hygiène de la Ville de Paris*, t. VII, 1925, p. 49) le D^r CAMBIER avait été chargé de procéder à des expériences sur la route, durant le concours franco-belge des Camions à Gazogènes, en vue de rechercher si, dans certaines circonstances, de l'oxyde de carbone n'était pas susceptible de s'introduire à dose toxique à l'intérieur des voitures, les organisateurs du concours se préoccupant de savoir si, à ce point de vue, les voitures munies de gazogènes ne seraient pas plus dangereuses encore, en raison de la haute teneur en oxyde de carbone du combustible gazeux utilisé.

Exceptionnellement seulement, des doses quelque peu notables d'oxyde de carbone (1/25.000) ont été

trouvées à l'intérieur des voitures roulant en palier ou durant les montées. Ce n'est qu'au cours de longues descentes, alors que les gaz d'échappement sont mal brûlés et qu'il se produit une sorte d'aspiration à l'arrière de la voiture, que des teneurs légèrement supérieures à 1/10.000 ont été observées.

Les proportions notables (1/3.000 à 1/7.000) ont été atteintes à l'arrêt, non seulement par suite de la richesse plus grande en oxyde de carbone présentée par les gaz d'échappement, le moteur tournant au ralenti, mais surtout grâce au gaz se dégageant directement des gazogènes ; l'arrêt étant souvent mis à profit pour procéder au rechargement de ceux-ci, dégagement auquel d'ailleurs un dispositif simple permettrait de remédier, de sorte que les voitures à gazogènes ne présenteraient pas un danger supérieur à celui des voitures munies de moteurs à essence.

C. — CONCLUSIONS.

En résumé, la toxicité des gaz d'automobiles relève d'un mécanisme complexe.

C'est surtout la combustion incomplète du carburant qui est en cause avec, au premier plan, la présence de *l'oxyde de carbone* qui, pour être le plus souvent négligeable, ainsi que nous l'avons vu, peut atteindre parfois des proportions susceptibles de provoquer des accidents sérieux, et même très exceptionnellement mortels.

En dehors de l'oxyde de carbone, les *hydrocarbures* qui, bien qu'avec une pathogénie toute différente, puisqu'ils ne semblent pas agir sur l'hémoglobine, seraient susceptibles de provoquer des accidents à syndrome bulbaire.

La décomposition des *huiles de graissage* serait également à envisager comme appoint de toxicité, l'huile subissant au contact des cylindres une combustion partielle avec production d'acide carbonique, mais encore d'oxyde de carbone et de produits mal déterminés parmi lesquels cependant on a signalé l'acroléine.

Mais il est une source de toxicité non négligeable, le *plomb tétra-éthyle* $\text{Pb}(\text{C}_2\text{N}_5)_4$ utilisé depuis 1925 comme antidétonant et additionné à l'essence dans la proportion de 1 pour 1.000 ou 1 pour 1.500, en vue d'un meilleur rendement du moteur.

Toxique par lui-même, volatil à la température ordinaire, il pénètre dans l'organisme par inhalation, par absorption cutanée, par voie digestive même, comme l'a montré BORDAS, et est susceptible de créer un syndrome toxique se rapprochant du saturnisme, en s'accumulant au niveau du système nerveux par combinaison avec les lipoïdes. Il semble qu'il serait désirable d'en prohiber l'emploi et de le remplacer par d'autres antidétonants tels que l'alcool, le benzol, le toluol, etc...

En Allemagne, on utilise le carbonyle de fer, $\text{Fe}(\text{CO})_5$, sous le nom de *motylène*, qui ne semble pas être toxique et sa combustion produirait seule-

ment de l'acide carbonique et de l'oxyde de fer sous forme impalpable et invisible.

Un autre élément de toxicité résulte encore dans les ateliers de réparation, de la production d'oxydes d'azote par les chalumeaux oxyhydriques et oxyacétyléniques.

II

Physio-pathologie.

Après avoir passé en revue les causes diverses de production d'oxyde de carbone dans la vie urbaine ainsi que les proportions susceptibles d'être rencontrées pratiquement, nous envisagerons le point de vue biologique.

Tout d'abord l'hémoglobine, tant « in vitro » qu'« in vivo » se combine à l'oxygène en donnant de l'oxyhémoglobine. C'est le phénomène fondamental de l'hématose qui se produit au moment de la respiration au niveau des alvéoles pulmonaires et la fixation de l'oxygène sur les globules rouges se fait par l'intermédiaire du plasma sanguin dans lequel ce gaz se dissout. Puis au niveau des tissus, il y a libération de l'oxygène nécessaire aux combustions intracellulaires, sources de la chaleur et de la vie. En définitive, nous sommes en présence d'une réaction réversible :



L'oxyde de carbone se combine à l'hémoglobine du sang, fait capital à la base de l'action nocive de ce

gaz sur l'organisme, mais il y a encore 30 à 40 ans, on admettait que la « carboxyhémoglobine » est indestructible et tout globule touché par l'oxyde de carbone est un globule « mort », et encore, « quand l'homme ou l'animal respire une atmosphère d'oxyde de carbone et d'air, son sang accumule le gaz toxique d'une façon indéfinie et après un temps suffisant, nettoie l'atmosphère de tout l'oxyde de carbone qu'elle contient ».

Cependant, déjà, CLAUDE BERNARD, en 1857, avait observé que la carboxyhémoglobine n'est pas aussi stable qu'on le pensait jusqu'alors : dans le sang d'animaux qui survivent, on ne retrouve plus d'oxyde de carbone au bout de quelques heures.

Puis, GRÉHANT, expérimentant sur le chien en 1873, fait les observations suivantes :

	Oxyde de carbone dans 100 cc. de sang
Au bout de 10' de respiration dans un air renfermant 1 % d'oxyde de carbone.....	23 cc. 4
Si on lui fait alors respirer de l'air pur :	
au bout d'1/4 d'heure.....	16 cc. 9
Et successivement de 1/4 d'heure en 1/4 d'heure.	15 cc. 5
	12 cc. 6
	11 cc. 4
	8 cc. 4

Malgré les expériences et les travaux de HÜFNER (1883), HALDANE (1895), il faut attendre 1914 et les recherches magistrales de NICLOUX sur « les lois d'absorption d'oxyde de carbone par le sang » *« in vitro »* et *« in vivo »* pour que l'action de l'oxyde de carbone soit bien connue.

Si on fait respirer à l'animal non plus de l'air, mais de l'oxygène pur, la disparition d'oxyde de carbone, qui s'élimine en nature d'ailleurs, est plus rapide.

On l'accélère encore en faisant respirer un mélange de 95 parties d'oxygène pour 5 d'acide carbonique (nous y reviendrons au chapitre « *Thérapeutique* »), et l'oxyde de carbone étant chassé, il reste de l'hémoglobine apte à fixer l'oxygène.

L'action de l'oxyde de carbone sur l'hémoglobine se traduit donc en définitive par une réaction réversible :



Cette *réversibilité* est en effet possible *in vitro* par simple barbotage d'un gaz inerte ou par l'action d'un vide prolongé.

Non seulement l'oxyde de carbone se fixe sur l'hémoglobine, mais encore il déplace l'oxygène de l'oxyhémoglobine, et comme inversement l'oxygène déplace l'oxyde de carbone de la carboxyhémoglobine, ces actions réciproques sont traduites par *l'équation réversible fondamentale* :



par suite, il s'établira entre les masses réagissantes un équilibre conformément à la loi d'action de masse de GULDBERG et WAAGE (1867).

En réalité, l'oxygène et l'oxyde de carbone se dissolvent d'abord dans le plasma, dans lequel baignent les globules rouges, et c'est entre le plasma et l'hémoglobine constituant un système homogène, que s'éta-

blit ensuite l'équilibre. Celui-ci une fois atteint, quatre substances restent en présence : d'une part, les deux variétés d'hémoglobine Hb O² et Hb CO et, d'autre part, l'oxyde de carbone et l'oxygène en proportion définie et invariable.

Pour les faibles teneurs de l'atmosphère en oxyde de carbone, la tension de dissociation de Hb CO arrive à égaler l'affinité de Hb pour l'oxyde de carbone, un équilibre se produit et le sang ne fixe plus de nouvelles quantités d'oxyde de carbone. Cet équilibre n'est atteint qu'après 2 h. 1/2 pour une concentration de 1/1.000.

Ainsi donc, dans l'air renfermant un pourcentage déterminé d'oxyde de carbone, un homme respirant pendant un temps prolongé, verra son hémoglobine fixer une quantité déterminée et constante d'oxyde de carbone. Tant qu'il séjournera dans cette atmosphère, le rapport entre l'hémoglobine oxycarbonée et l'hémoglobine totale restera constant.

Les recherches *in vitro* de NICLOUX l'ont conduit à la formule :

$$y = \frac{100 x}{x (1-K) + 100 K}$$

permettant de calculer y , pourcentage de l'hémoglobine oxycarbonée, connaissant x , pourcentage d'oxyde de carbone, K étant une constante déterminée pour chaque espèce animale, égale pour l'homme à 0,004 (la courbe représentée par cette équation est une hyperbole équilatère).

Nous empruntons à l'excellente monographie de

NICLOUX, *L'oxyde de carbone et l'intoxication oxycarbonique*, — Paris, Masson et C^{ie}, 1925 — qui résume ses travaux, le tableau suivant :

Tableau donnant pour une proportion déterminée d'oxyde de carbone dans l'air le pourcentage d'hémoglobine oxycarbonée et la quantité d'oxyde de carbone dans le sang.

Proportion d'oxyde de carbone dans l'air		Hémoglobine oxycarbonée %	Oxyde de carbone pour 100 cc. de sang normal. Capacité respiratoire = 25
exprimée en % du volume total	exprimée en fraction du volume total		
0,00025	1/400.000	0,26	0 cc. 055
0,00033	1/300.000	0,35	0 cc. 09
0,0005	1/200.000	0,53	0 cc. 13
0,001	1/100.000	1,05	0 cc. 26
0,002	1/50.000	2,1	0 cc. 52
0,005	1/20.000	5,0	1 cc. 25
0,01	1/10.000	9,6	2 cc. 4
0,02	1/5.000	17,5	4 cc. 4
0,033	1/3.000	25,9	6 cc. 5
0,04	1/2.500	29,8	7 cc. 4
0,05	1/2.000	34,6	8 cc. 6
0,1	1/1.000	51,5	12 cc. 9
0,2	1/500	68,0	17 cc. 0
0,21	1/476	69,1	17 cc. 3
0,33	1/300	78,4	19 cc. 6
0,5	1/200	84,5	21 cc. 1
1	1/100	91,6	22 cc. 9

NICLOUX a montré en outre que la quantité d'hémoglobine oxycarbonée formée est fonction, non pas de la tension partielle d'oxyde de carbone dans le mélange gazeux total (oxyde de carbone et air ou oxyde de carbone, oxygène et un gaz inerte), mais de sa proportion vis-à-vis de l'oxyde de carbone *seulement*.

Ces données biologiques fondamentales vont prendre toute leur importance dans le domaine de la pathogénie : nous allons envisager maintenant le mécanisme de l'action nocive de l'oxyde de carbone sur l'organisme.

III

Pathogénie.

1^o Théorie asphyxique.

L'oxyde de carbone, avons-nous vu, ne se comporte pas, vis-à-vis des êtres vivants, à la façon d'un gaz inerte, comme l'hydrogène, l'azote, l'acide carbonique, mais par suite de sa grande affinité pour l'hémoglobine, il déplace l'oxygène de l'hémoglobine oxygénée, volume à volume, et forme de la carboxyhémoglobine, rendant ainsi le globule rouge impropre à l'hématose, l'hémoglobine ne pouvant plus remplir sa fonction essentielle de vecteur d'oxygène.

L'action nocive de l'oxyde de carbone aboutit en fait à une diminution de l'oxygène dans le sang, c'est-à-dire, au sens médico-légal du mot, à une *asphyxie*, et ce sont les phénomènes asphyxiques qui vont constituer toute la symptomatologie des accidents produits par l'oxyde de carbone, accidents pouvant présenter toute une échelle de gravité et pouvant aboutir à la mort.

GRÉHANT a montré expérimentalement sur le chien que pour des proportions d'oxyde de carbone peu

élevées comprises entre 1/1.000 et 1/10.000 et moins encore, la teneur du sang en oxyde de carbone augmente avec le temps ; dans une atmosphère au 1/1.000, la teneur du sang en oxyde de carbone pour 100 cmc. est :

Après 1 h.	8 cc. 0
— 2 h.	10 cc. 0
— 3 h.	18 cc. 3
— 4 h.	17 cc. 4
— 5 h.	16 cc. 8

mais c'est à NICLOUX que revient le mérite en 1914 de prouver que cette augmentation se fait de plus en plus faiblement pour atteindre finalement un maximum qui ne peut plus être dépassé et cela en complet accord avec la loi d'action de masse.

BALTHAZARD et NICLOUX en 1911, envisageant quelle pouvait être la mesure de cette invasion des globules sanguins par l'oxyde de carbone, ou ce qui revient au même du « degré d'intoxication », ont proposé de l'exprimer comme le rapport de l'hémoglobine oxy-carbonée à l'hémoglobine totale et lui ont donné le nom de « *coefficient d'empoisonnement* » ; multiplié par 100, il représente alors la quantité de carboxy-hémoglobine p. 100.

Dans 65 asphyxies mortelles par l'oxyde de carbone, BALTHAZARD et NICLOUX ont trouvé, d'après les résultats des analyses faites sur le sang prélevé à l'autopsie, comme valeur moyenne du coefficient d'empoisonnement : 0,66, avec des valeurs comprises dans les 2/3 des cas entre 0,58 et 0,70 et comme chiffres extrêmes

0,42 et 0,88, ce dernier correspondant à un cas de mort par les gaz d'un four à plâtre ; or ces gaz sont, à certains moments tout au moins, non seulement très riches en oxyde de carbone, mais pauvres en oxygène, de telle sorte que l'asphyxie se trouve être massive et le sang presque complètement saturé. Les chiffres faibles correspondent à une survie de plusieurs heures parfois, permettant une élimination partielle. La putréfaction peut apporter une cause d'erreur, cependant on peut caractériser l'oxyde de carbone dans le sang au bout de plusieurs mois *in vivo* aussi bien qu'*in vitro*. La valeur du coefficient varie dans le même sens que la teneur en oxyde de carbone et en sens inverse de la durée de l'asphyxie. Ainsi les asphyxies par doses massives en 15 à 20 minutes dans les salles de bains par exemple, s'accompagnent d'un coefficient supérieur à 0,70, alors que dans des asphyxies lentes survenues aux abords de fours à chaux notamment, le coefficient est parfois de l'ordre de 0,55 et même 0,50.

L'alcool diminue la résistance à l'asphyxie, ainsi que l'ont montré BALTHAZARD et PIÉDELIEVRE chez un homme dont le coefficient était abaissé à 0,45 avec une proportion de 3 cmc. 8 d'alcool pour 1.000 dans le sang.

BALTHAZARD a signalé que les états cachectiques, l'anémie, les lésions cardio-rénales rendent l'organisme plus accessible à l'asphyxie et que, chez de tels malades, la mort s'observe avec des coefficients d'empoisonnement peu élevés.

Ainsi donc, la mort survient quand les $\frac{2}{3}$ de l'hémoglobine totale sont bloqués sous forme de Hb CO et l'organisme n'a plus à sa disposition que $\frac{1}{3}$ de l'hémoglobine, quantité insuffisante pour assurer l'hématose et la vie.

Pour arriver à ce résultat, l'air respiré pendant deux heures — temps correspondant nécessaire pour que l'équilibre soit atteint — renferme au moins 0,18 %, soit $\frac{1}{555}$ d'oxyde de carbone.

Plus encore, HALDANE a montré l'inocuité de l'oxyde de carbone quand il existe en quantité suffisante de l'oxygène dissous dans le plasma sanguin : des rats respirent impunément pendant des heures *un mélange d'air et d'oxyde de carbone à parties égales, comprimé à 2 atmosphères*, alors qu'à la pression ordinaire, ils meurent rapidement dans un mélange à 1 %. Cependant, dans ces conditions, l'hémoglobine du rat est entièrement saturée d'oxyde de carbone et l'animal vit grâce à l'oxygène dissous dans son plasma sanguin à la faveur de la surpression.

Mosso expérimente sur des chats, chiens, singes, auxquels il fait respirer uniquement de l'air *renfermant 4 % d'oxyde de carbone sous 8 atmosphères* ; si l'on produit la décompression la mort survient, mais si on leur fait respirer au préalable de l'air exempt d'oxyde de carbone, il n'en est plus de même, car ces animaux ont alors le temps d'éliminer l'oxyde de carbone et ils ne paraissent éprouver aucun trouble en sortant de l'appareil.

Après ces expériences, il semble difficile de soute-

nir la toxicité de l'oxyde de carbone et BALTHAZARD conclut :

« L'oxyde de carbone n'est pas un gaz toxique, il agit sur l'organisme en se fixant sur l'hémoglobine, dont il supprime la fonction de vecteur d'oxygène, diminuant ainsi l'apport en oxygène mis à la disposition des tissus. La mort survient par le mécanisme de l'asphyxie progressive et est le résultat d'un processus pathogénique : l'anoxhémie, commun à toutes les asphyxies. »

L'anoxhémie permet de comprendre la symptomatologie que nous étudierons en détail dans le chapitre suivant : la privation d'oxygène se fait sentir au niveau des cellules nerveuses et du cœur dont « la frêle résistance est la rançon de la haute différenciation anatomique et physiologique... le protoplasma vivant a constamment soif d'oxygène et cet appétit se fait sentir d'autant plus impérieux dans les tissus qu'ils ont subi un degré plus marqué de différenciation. Le système nerveux central et le système nerveux du cœur ne peuvent supporter la moindre privation d'oxygène sans laisser fléchir leur activité » (CHANTEMESSE). Aussi apparaissent d'abord la céphalée, la constriction des tempes, les vertiges, la tachycardie, l'affaiblissement de la tension artérielle, puis les symptômes nerveux s'accroissent, les fonctions motrices disparaissent, puis les fonctions de la sensibilité et les cellules hépatiques et rénales vont subir en partie la dégénérescence graisseuse.

De même que dans toutes les asphyxies (pendus,

noyés rappelés à la vie, alpinistes, aéronautes) les désordres produits par l'oxyde de carbone s'accompagnent, outre la céphalée et les vertiges, de tendance invincible au sommeil, d'atteinte du pneumo-gastrique (Mosso), d'où lésions congestives du poumon, vaso-dilatation des capillaires pulmonaires, entraînant des ruptures vasculaires sous pleurales et sous péricardiques — et en outre fréquence des pneumonies qui surviennent au bout de quelques jours chez les individus qui ont subi un début d'asphyxie et ont été rappelés à la vie.

L'anoxhémie explique encore le parallélisme étroit avec le « mal des montagnes » comme y a insisté BALTHAZARD, après Mosso :

Mal des montagnes	Oxyde de carbone
Se fait sentir de façon un peu marquée, vers 3.500-4.000 m., là où la pression barométrique étant ramenée à 50-46 cm., la tension de l'oxygène est réduite des 2/3.	Action quand 1/3 de l'hémoglobine a perdu son oxygène.
Exagéré par les exercices musculaires (mouvements d'haltères effectués au Mont-Rose par le soldat Camozzi accompagnant Mosso).	On exagère l'anoxhémie chez l'animal en l'incitant à se déplacer.

2^o Théorie toxique.

A la théorie asphyxique de l'école française orientée vers les recherches physiologiques, l'école allemande oppose la *théorie toxique* : étudiant minutieusement les dégénérescences cérébrales observées et attribuées à l'oxyde de carbone (voir anatomie pathologique),

celle-ci arrive à cette conclusion que ce gaz est doué de toxicité vis-à-vis du système nerveux et plus spécialement du système pallido-strié.

A la théorie toxique, les partisans de la théorie asphyxique objectent que les animaux qui ne possèdent pas d'hémoglobine, l'écrevisse notamment, vivent parfaitement bien dans une atmosphère de 80 % d'oxyde de carbone et 20 % d'oxygène, l'oxyde de carbone ne jouant d'autre rôle que celui d'un gaz inerte, à l'égal de l'azote.

Bien plus, HAGGARD a montré que des cellules nerveuses du poulet, cultivées dans une goutte de sérum, baignant elle-même dans semblable atmosphère, se développent et se divisent tout à fait normalement.

IV

Etude clinique.

La symptomatologie est différente selon l'intensité de l'asphyxie produite, massive ou simplement progressive.

1^o Asphyxie massive (ou suraiguë).

Elle est produite par un dégagement énorme d'oxyde de carbone dans un temps très court, tel qu'à la suite d'une rupture de gazomètre ou d'une fausse manœuvre dans la conduite d'une vanne de gaz d'éclairage. La mort survient de façon foudroyante, sans douleur et sans lutte : quelques inspirations suffisent à fixer sur l'hémoglobine une quantité d'oxyde de carbone supérieure à celle nécessaire pour provoquer la mort.

On retrouve des cadavres à aspect de vivants, figés dans l'attitude où les a surpris l'invasion d'oxyde de carbone. Nous y reviendrons dans la seconde partie de ce travail, « le danger oxycarboné en temps de guerre ».

2^o Asphyxie graduelle ou aiguë.

Première phase. — Céphalalgie, constriction pénible des tempes, vertiges, diminution de l'acuité visuelle et des perceptions auditives, tendance au sommeil.

Les facultés intellectuelles sont intactes, il existe une possibilité de mouvements musculaires susceptibles d'assurer le salut par l'arrivée à l'air libre, l'ouverture d'une fenêtre.

Deuxième phase. — Mais souvent l'individu, se réveillant au cours de la nuit, a l'impression que quelque chose d'anormal survient, la gêne respiratoire l'incite à se lever, à tenter d'ouvrir une fenêtre, effort qui demande un surcroît d'oxygène à l'organisme ; l'individu fait une aspiration plus forte, il absorbe une quantité plus élevée d'oxyde de carbone et il tombe sans connaissance.

Ou bien encore, souvent rapidement se manifeste une impotence musculaire, surtout précoce aux membres inférieurs, et le salut est impossible. Au début, l'oxyde de carbone agissant par le besoin d'oxygène qu'il engendre, provoque une accélération de la respiration, une augmentation du volume d'air inspiré par unité de temps, favorisant ainsi la pénétration de l'oxyde de carbone dans le sang et surtout entraînant une quantité exagérée d'acide carbonique qui a pour effet d'abaisser le rapport $\frac{\text{H}^2\text{CO}^3}{\text{NaHCO}^3}$ et de

provoquer de l'*apnée*. Puis rapidement la respiration se ralentit, devient superficielle, irrégulière, avec apparition parfois d'un *rythme de Cheyne-Stokes*.

Aux troubles respiratoires viennent s'ajouter les manifestations circulatoires propres à l'*apnée* : la circulation manifeste sa souffrance par une augmentation de fréquence des battements cardiaques, la chute de la pression sanguine, le ralentissement du flot veineux de retour, la perte du tonus vasomoteur qui joue un rôle considérable dans le maintien d'une circulation appropriée aux différents besoins de l'organisme.

La perte de connaissance survient, souvent se produisent des émissions involontaires d'urines ou de matières fécales, des vomissements même parfois, faisant penser à un empoisonnement par toxiques et provoquant une autopsie médico-légale ; des secousses musculaires aussi peuvent se produire. Puis le coma est de plus en plus profond, il y a arrêt respiratoire cardiaque et la mort survient sans agonie.

Rappel à la vie. Séquelles.

Lorsque le coma précédant la mort se prolonge, si l'on arrive à temps ou si l'air est renouvelé, la guérison peut survenir soit immédiatement, soit après une perte de connaissance plus ou moins longue : la torpeur diminue, la respiration réapparaît progressivement sans devenir rapide, le nombre des pulsations reste élevé. Les mouvements réapparaissent, mais la faiblesse musculaire subsiste un certain temps ainsi

que la céphalée et la tendance aux vertiges. On peut observer de légères crises convulsives témoignant d'une excitabilité exagérée de l'écorce cérébrale.

Le plus souvent, les symptômes anormaux disparaissent rapidement, et il ne subsiste aucune séquelle. C'est ainsi que NICLOUX produit l'observation d'un ouvrier trouvé inanimé dans une tranchée où du gaz d'éclairage s'était accumulé. Rappelé à la vie après vingt minutes de respiration artificielle et inhalation d'oxygène, on le trouva levé l'après-midi même et jouant aux cartes avec d'autres malades.

BALTHAZARD rapporte le cas suivant : 3 jeunes femmes se couchent dans une pièce chauffée par un poêle défectueux, 2 sont trouvées mortes et l'autopsie apporte la preuve du décès par l'oxyde de carbone. Mais par suite d'un tirage s'étant établi pendant la nuit, la troisième qui avait cependant dû subir une asphyxie très avancée se réveille le matin sans s'être aperçue de rien et ne se plaint d'aucun malaise.

Cependant, il n'en est pas toujours ainsi : la durée de l'amnésie peut être beaucoup plus considérable et on observe parfois la conservation d'un état un peu particulier avec hébétude, difficulté d'association des idées, donnant une impression d'ivresse, défaut d'équilibration et, au cours d'un interrogatoire, l'hypothèse d'un crime peut être retenue et aboutir à des erreurs judiciaires.

On peut observer pendant plusieurs jours, plusieurs semaines même, une impotence fonctionnelle des membres inférieurs par suite de production d'in-

farcus dans les centres nerveux et dans les gros vaisseaux à la racine des membres, des paralysies et même des troubles trophiques pouvant aller jusqu'à la gangrène des extrémités, sont susceptibles d'être rencontrés.

Il arrive également que l'individu reste plusieurs jours dans le coma et que, même après une certaine régression, la mort survienne par complications pulmonaires : par suite du ralentissement extrême de la circulation au cours de l'asphyxie, des infarctus pulmonaires se constituent et les phénomènes réactionnels autour de ces foyers d'infarctus se traduisent par de la congestion et de l'œdème pulmonaire entraînant la mort.

Toutes les autres séquelles sont d'ordre névro-gastrique : astasie, abasie chez les sujets émotifs, troubles du caractère, etc..

Et quand la responsabilité d'un tiers rentre en jeu, il existe parfois une tendance à attribuer à l'asphyxie tous les maux ultérieurs, véritable sinistrose au sujet de laquelle le rôle de l'expert intervient.

Il nous resterait à envisager certaines complications, notamment les « paralysies oxycarbonées ». Nous nous proposons d'y revenir au cours du chapitre : Anatomie pathologique.

Résistance individuelle.

Signalons que parfois on a pu constater au cours d'accidents multiples dans une même pièce, la pré-

sence d'individus morts alors que d'autres survivaient et l'on a parlé de résistances individuelles, tous les individus semblant avoir respiré la même quantité d'oxyde de carbone.

En réalité, il apparaît plutôt qu'il existe dans le local des zones gazeuses de concentration différente en oxyde de carbone, et cette hypothèse semble devoir être corroborée par des recherches anciennes que *nous avons* effectuées en 1912 en collaboration avec HENRIET — sur l'acide carbonique, il est vrai — qui nous ont montré la grande difficulté d'obtenir expérimentalement une atmosphère de composition *homogène*.

Au sujet de la question de la résistance individuelle, BALTHAZARD et PIEDELIÈVRE ont trouvé sur les cadavres une même proportion d'oxyde de carbone dans le sang et des expériences effectuées sur des animaux leur ont montré que le fait de placer ceux-ci au préalable, dans un état de moindre résistance par des somnifères et des anesthésiques, n'apportait aucune modification.

3^o Action lente et prolongée de l'oxyde de carbone Oxycarbonisme chronique.

L'asphyxie graduelle ou aiguë que nous venons d'envisager suppose des concentrations élevées en oxyde de carbone.

Les différents auteurs semblent être d'accord pour fixer à 1/500 la teneur en oxyde de carbone capable d'entraîner la mort en deux heures environ.

Mais des divergences considérables apparaissent lorsqu'il s'agit de préciser un seuil, asphyxique ou toxique selon les théories.

Certains affirment qu'il faut des doses considérables pour déclencher des troubles cliniques, d'autres au contraire croient à l'action des doses minimales.

1. *Expérimentation.*

BATHAZARD et NICLOUX ayant fixé aux abords de 66 % la proportion d'oxycarbohéoglobine atteinte lorsque la mort survient, un grand nombre d'expérimentateurs se sont astreints à respirer eux-mêmes des atmosphères riches en oxyde de carbone ou se sont adressés à des collaborateurs volontaires.

HARTRIDGE est allé jusqu'à saturer ainsi 43 % de son hémoglobine, sans éprouver de malaise; toutefois, le fait de se mouvoir à la fin de l'expérience (ascension de quelques marches) détermine un éblouissement qui dura quelques instants et une céphalée qui persista le soir et une partie de la nuit ; à la saturation de 53 %, des symptômes d'angoisse l'obligèrent à interrompre l'expérience.

HALDANE n'éprouva rien de particulier tant que la quantité d'oxycarbohéoglobine resta inférieure à 20 %. Cependant l'exercice, même léger, provoquait de la tachycardie et de l'hyperpnée.

A 30 %, il observe une augmentation de la rapidité du pouls, des inspirations plus profondes, de la tachycardie. A 40 % la symptomatologie est encore plus

marquée. Plus encore à 50 %, mais si la situation reste supportable au repos, il ne lui est guère possible de se lever sans aide et à 56 % il éprouve une grande difficulté à se tenir debout et ne peut se déplacer.

Mosso a fait des expériences sur plusieurs étudiants courageux, qui ont bien voulu se prêter à respirer un mélange air plus oxyde de carbone, l'une d'elles a failli coûter la vie à SCRIBANTE dans une expérience célèbre dont les détails ont été rapportés avec précision :

« 4 h. 15, SCRIBANTE entre dans la chambre barométrique de Mosso à Turin. Pulsation : 86, respiration 20 à la minute. L'oxyde de carbone est introduit de façon à obtenir une concentration de 1/2.000 environ :

4 h. 30 : l'introduction d'oxyde de carbone est terminée.

4 h. 45 : pulsation 89, respiration 19.

4 h. 50 : SCRIBANTE fait signe que la tête lui tourne.

4 h. 55 : P. 96, R. 26. SCRIBANTE va à la fenêtre, compte son pouls sur la montre de Mosso et écrit le résultat.

5 h. 43 : il transporte sa chaise près de la fenêtre, sa main tremble légèrement en se prenant le pouls. ANDENINO, assistant, compte 26 respirations à la minute. Mosso attend que SCRIBANTE finisse de compter les pulsations, mais celui-ci tarde à donner le résultat. ANDENINO avertit qu'il ne le voit plus respirer. On ouvre immédiatement la porte : SCRIBANTE est immobile en position cataleptique, les muscles non rigides.

La respiration artificielle et l'inhalation d'oxygène permettent le retour rapide à la vie, en une heure sans séquelle. »

D'après Mosso, « plus les doses sont petites, plus il faut de temps pour que l'empoisonnement soit

complet et plus il est facile d'observer le sommeil ; plus les doses sont fortes, plus il est manifeste d'observer des convulsions et les sens sont abolis violemment sans que le sommeil précède ».

HENDERSON *et ses collaborateurs* n'ont ressenti aucun effet nocif du séjour de 45 minutes dans une atmosphère renfermant $1/2.500$ d'oxyde de carbone.

SAYERS, MERIWERTHER et YANT, à la station expérimentale du Bureau des Mines de Pittsburg, donnent les chiffres suivants, relatifs au séjour prolongé dans des atmosphères à teneur relativement faible en oxyde de carbone :

Teneur en oxyde de carbone de l'atmosphère respirée	Séjour	Observations
$1/5.000$	6 h.	Très légers symptômes à la fin de l'expérience, non persistants. Hb CO — 16 à 20 %.
$1/3.333$	4 h.	Hb CO — 22 à 24 %.
	5 h.	Symptômes modérés peu persistants. Hb CO — 26 à 27 %.
$1/2.500$	1 h.	Pas de symptômes, sauf à l'exercice. Hb CO 15 à 19 %.
	2 h.	Hb CO 21 à 28 %.

SAYERS et YANT résument comme suit les effets de l'oxyde de carbone et nous complétons en mettant en regard de la concentration en Hb CO, la teneur en oxyde de carbone qu'il serait nécessaire de respirer pendant 1 heure $1/2$ à 2 heures pour atteindre cette saturation :

Hb CO p 100	Teneur approximative de l'atmosphère en oxyde de carbone	Symptômes
0 à 10	0 à 1/10.000	Rien.
10 à 20	1/10.000 à 1/5.000	Légère céphalée, vasodilatation cutanée.
20 à 30	1/5.000 à 1/2.500	Céphalée, battements temporaires.
30 à 40	1/2.500 à 1/1.500	Céphalée sévère, asthénie, vertiges, nausées, vomissements, tendance au collapsus.
40 à 50	1/1.500 à 1/1.000	Même symptomatologie aggravée, possibilité de syncopes et aggravation de la respiration et du pouls.
50 à 60	1/1.000 à 1/700	Collapsus, syncopes, respiration de Cheyne-Stokes, coma alternant avec convulsions.
60 à 70	1/700 à 1/500	Aggravation de la symptomatologie, pouls filiforme, bradypnée, coma.
70 à 80	1/500 à 1/300	Mort.

Il résulte de ces travaux et de l'examen des documents de LEGENDRE (réunis et classés par NICLOUX) que tant que la teneur de l'air en oxyde de carbone ne dépasse pas 1/2.500, le séjour, même prolongé pendant plusieurs heures, y est possible sans inconvénients notables ; pour des teneurs entre 1/2.500 et 1/1.000 le séjour est possible pendant 50 à 60 minutes sans troubles marqués ; enfin pour des concentrations de 1/1.000 à 1/500, dès un séjour de 30 minutes on observe de la céphalée, de la tachycardie, de l'hyperpnée, la symptomatologie allant en s'aggravant rapidement pour des concentrations plus élevées. C'est la zone dangereuse où la saturation des 2/3 de

l'hémoglobine entraînant la mort fatale serait rapidement obtenue.

Et BALTHAZARD et NICLOUX sont d'avis que les troubles graves (céphalées, troubles sensoriels, modification du pouls et de la respiration) n'apparaissent que lorsque l'air respiré contient au moins $1/5.000$ d'oxyde de carbone et que pour les concentrations inférieures à ce chiffre, la conception d'une anémie progressive est erronée.

NOUS-MÊMES, au cours de notre carrière au Laboratoire d'Hygiène, avons-nous subordonné à l'existence de cette teneur de $1/5.000$, la nécessité de prendre *d'urgence* les mesures nécessaires.

Est-ce à dire qu'on puisse soutenir l'inocuité des petites doses et d'une façon générale, des atmosphères renfermant moins de $1/5.000$ d'oxyde de carbone ?

Nombreux sont les auteurs qui s'élèvent contre cette opinion et nous partageons cette manière de voir.

Dès 1905, ALBERT LÉVY écrivait : « Lorsque l'on ne ressent aucun malaise immédiat, par un séjour même prolongé dans une atmosphère ne renfermant que des traces d'oxyde de carbone, il se produit une anémie progressive, qui peut enlever à l'individu atteint toute résistance aux contagions microbiennes. »

KOHN-ABREST fait des réserves quant à l'inocuité des petites doses.

MOREL et MOURIQUAND, à Lyon, ont signalé que des teneurs de $1/1.000$ à $1/10.000$ ont pu donner lieu à

des troubles cliniques, dont la nature était signée par la présence de l'oxycarbohémo-globine dans le sang d'un malade, tout au moins, dont la recherche avait pu être faite *immédiatement* après sa sortie de l'atmosphère incriminée.

Le BUREAU D'HYGIÈNE DE LA VILLE DE LYON, sous l'impulsion de MOREL, admet comme limite suspecte le taux de 1/50.000.

NOUS-MÊMES, au Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, tout en estimant que des traces voisines du 1/100.000 sont pratiquement négligeables, avons-nous sans cesse insisté sur la nécessité de tenter de supprimer toute présence d'oxyde de carbone, ayant constaté fréquemment l'aggravation possible d'une situation tout d'abord insuffisante pour provoquer des troubles sérieux.

2. *Etude clinique.*

Comment, en effet, l'oxycarbonisme chronique peut-il se traduire cliniquement ?

La multiplicité des troubles fonctionnels et leur banalité habituelle, aucun n'étant pathognomonique, font qu'il ne saurait être question que d'arguments de présomption et expliquent que nombre d'auteurs nient l'existence de l'oxycarbonisme chronique.

Nous passerons rapidement en revue les troubles signalés par les partisans de cette affection :

— *anémie oxycarbonée* : sans caractère de gravité et de toutes façons dépourvue de symptômes

- de l'anémie pernicieuse, caractérisée surtout par une diminution marquée de l'hémoglobine ;
- *troubles respiratoires* : manifestations bronchiques ;
 - *troubles nerveux* : sphère mentale (« ivresse oxycarbonée »), système nerveux central (syndrome pallido-strié, rappelant la maladie de Parkinson) ; système sensitivo-moteur (névrites, paralysies, névralgies oxycarbonées) ;
 - *troubles digestifs* : anorexie, vomissements, épigastrie ;
 - *troubles généraux* : lassitude, hyposthénie, somnolence suivie soit d'insomnie, soit de sommeil pénible, entrecoupé de cauchemars. Modification du caractère (irritabilité, instabilité psychique, anxiété, amnésie), dyspnée d'effort, algies (*céphalées*), altération du tissu cellulaire obésité fréquente ou simple empâtement, œdèmes localisés du type Quinke, œdèmes généralisés parfois, et surtout du membre inférieur, œdème blanc, mou, ne gardant qu'exceptionnellement le godet.

On a décrit comme appartenant plus particulièrement en propre à l'oxycarbonisme chronique, une série de symptômes : céphalée, vomissements, vertiges, troubles sensoriels, anémie, manifestation dyspeptiques, asthénie, névralgie, etc..., qui ne prennent d'importance que du fait de leur association.

On ne saurait affirmer le rôle unique de l'oxyde de

carbone dans la genèse des divers syndromes observés, l'état antérieur intervenant sans aucun doute dans le déterminisme des troubles.

A côté des stigmates cliniques représentant des arguments de probabilité, il y a lieu d'examiner les circonstances étiologiques apportant des présomptions, mais seule peut constituer un élément de certitude la mise en évidence de l'oxyde de carbone dans l'air respiré par le malade et plus encore dans son sang, lorsqu'il est encore sous l'influence de la source oxycarbonée, car dès que le sujet est extrait de l'atmosphère incriminée depuis 10 à 20 heures environ, son sang ne renferme plus d'oxyde de carbone en quantité anormale, du fait de la réversibilité de la réaction.

Notons encore que des partisans convaincus de l'oxycarbonisme chronique, Professeur PAVIOT (de Lyon), JARRICOT, WEIGERT (Thèse Lyon, 1934), le font entrer dans le cadre pathogénique des états dits, avec PASTEUR VALLÉRY-RADOT, d'hypersensibilité, admettant ainsi l'existence d'une susceptibilité individuelle.

3. *Oxycarbonisme chronique professionnel.*

Faut-il envisager l'oxycarbonisme chronique comme une affection méconnue, véritable « maladie professionnelle » des cuisinières, repasseuses, blanchisseuses, tailleurs, apprêteurs, auxquels il faudrait ajouter les chimistes, les verriers travaillant au chalumeau, les soudeurs autogènes, les ouvriers employés à la fabri-

cation des ampoules pharmaceutiques, des lampes électriques, les boulangers, patisseries, etc...

En parlant de « l'anémie des blanchisseuses, repasseuses, cuisinières... » Henri LABBÉ déclare : « la présence constante de traces, même très faibles, d'oxyde de carbone, engendre une intoxication chronique à forme insidieuse ».

Le Médecin-Commandant MAYNIER admet également la possibilité d'une « intoxication larvée ».

L'ECOLE LYONNAISE en reste partisan convaincu, opinion partagée à l'étranger, en Allemagne notamment.

Mais on a objecté que la faible quantité de carboxy-hémoglobine qui a pu se produire, se détruit trop rapidement quand le sujet respire à l'air libre pour qu'un état chronique puisse en résulter et nombreux sont, en France, les adversaires avec BALTHAZARD, NICLOUX, CHEVALLIER, DESOILLE, DATTREBANDE, PIÉDELIEVRE, COT, et selon BALTHAZARD, il y aurait lieu « d'incriminer l'alcool avant l'oxyde de carbone, chez les cuisinières, blanchisseuses, etc..., présentant de la céphalée, de l'amnésie, de la paralysie » !

Il n'est cependant pas contesté que les gardiens de grands tunnels, comme celui de *Ronco*, en Italie, d'une longueur supérieure à 8 km. et qui y séjournent 8 heures chaque jour, présentent de la céphalée, de l'inappétence, de l'amaigrissement, de la pâleur progressive, de l'asthénie, et que leur remplacement s'impose au bout d'un an ou deux.

De même les ouvriers travaillant dans des garages

mal ventilés, à la mise au point et à l'étude des moteurs ainsi qu'aux réparations ; les tailleurs d'habits, chapeliers, etc..., utilisant toute la journée dans des ateliers, toutes portes et fenêtres closes l'hiver, de gros fers à repasser dits « carreaux », dans lesquels brûle du charbon de bois.

Et DAUTREBANDE lui-même ne classe-t-il pas l'oxyde de carbone parmi les « toxiques anémiantes » ?

Aussi pour conclure, partageons-nous l'avis de DUCVOIR : « On a exagéré la symptomatologie de l'oxycarbonisme chronique, qu'on doit limiter à l'anémie, la céphalée, l'asthénie ; sous cette forme restreinte, il semble qu'il existe bien un oxycarbonisme chronique des ouvriers travaillant auprès de fourneaux ou de fours, et même de ceux employés dans des ateliers chauffés par des poêles plus ou moins défectueux. »

Nous y ajouterons les ouvriers des garages et ateliers de réparations pour automobiles, ainsi que ceux qui font usage de fers à repasser au charbon de bois.

D'ailleurs l'oxycarbonisme professionnel est admis au nombre des maladies professionnelles par décret du 20 novembre 1929 (emploi du gaz pauvre, du gaz à l'eau, etc...)

4. Oxycarbonisme chronique dans la vie domestique. (Hygiène de l'habitation.)

Là plus encore, la divergence de vue s'accuse entre les auteurs, et cela se conçoit, puisque les teneurs en

oxyde de carbone rencontrées sont, le plus souvent, beaucoup plus faibles, et cependant nombreux sont les médecins n'hésitant pas à délivrer à leurs clients un certificat, imputant au seul oxyde de carbone les malaises qu'ils présentent.

Contre cette pratique, BALTHAZARD s'élève avec force. « Très fréquemment des procès sont intentés aux propriétaires par des locataires qui, ayant perçu de vagues odeurs de fumée dans leur appartement, attribuent à l'oxyde de carbone les troubles de la santé qu'ils présentent. Souvent un médecin vient corroborer leur interprétation et la question paraît tranchée pour peu qu'un chimiste décèle dans l'atmosphère de l'appartement des quantités d'oxyde de carbone de l'ordre de $1/80.000$ ou du $1/100.000$. Or, jusqu'à présent, nous n'avons pas vu un cas indubitable d'intoxication chronique par l'oxyde de carbone, produit dans les appartements. Ce gaz est un brutal, qui même à des doses très inférieures à celles qui sont nécessaires pour donner la mort, amène la perte de connaissance. Nous sommes convaincu que, même respirées pendant des années, des doses d'oxyde de carbone de l'ordre du $1/100.000$, du $1/50.000$, sont incapables de produire le moindre trouble de la santé. Cette notion, conforme aux découvertes récentes, qui refusent d'accorder une action toxique propre à l'oxyde de carbone, cadre également avec les résultats de la pratique. Les troubles invoqués dans les procès auxquels nous faisons allusion, sont en effet des plus divers, aucun ne caractérise l'action de l'oxyde de car-

bone. Habituellement observés chez les femmes à l'époque de la ménopause, ils consistent en céphalées, phénomènes congestifs, inappétence, amaigrissement et peuvent toujours trouver leur explication dans une altération spontanée de l'état général ou dans un trouble endocrinien. Les réclamations simultanées de deux ou plusieurs personnes occupant l'appartement ne suffisent pas pour justifier l'intoxication : les troubles sont en effet très différents et tandis que la femme invoque une asthénie avec céphalées, par exemple, l'homme se plaint d'éruptions répétées, d'acné ou de furonculose. On met en effet les maladies les plus diverses sur le compte de l'oxyde de carbone (un goître même dans un cas soumis à notre examen !)

Or, pour peu que le médecin, ne trouvant pas la cause des troubles observés, soit orienté vers l'intoxication oxycarbonée par la découverte d'une fissure dans une cheminée, par la perception d'une légère odeur de fumée, il délivre un certificat mettant en cause l'oxyde de carbone, mais si l'on obture les fissures, les troubles de la santé n'en persistent pas moins ; on cherche alors d'autres sources possibles d'oxyde de carbone et des procès onéreux, interminables s'engagent. *Nous ne saurions trop mettre en garde les médecins contre la facilité avec laquelle sont délivrés les certificats d'intoxication oxycarbonée chronique.* Etant données l'incertitude et l'inconstance des symptômes imputés à l'intoxication chronique par l'oxyde de carbone, le diagnostic doit s'appuyer non

seulement sur l'examen clinique, mais la constatation chimique de l'oxyde de carbone dans l'atmosphère suspecte à des doses qui ne sauraient être inférieures au 1/20.000, au 1/10.000 (1).

Mais surtout la véritable preuve de l'intoxication chronique par l'oxyde de carbone résulte des accidents plus graves qui se sont forcément produits à certains jours où la source d'oxyde de carbone en a dégagé plus qu'à l'ordinaire : on a alors observé la chute, la perte de connaissance plus ou moins prolongée. En pareil cas, il ne s'agit plus à proprement parler d'intoxication chronique, mais de séquelles d'intoxications aiguës ou subaiguës répétées. C'est la seule forme d'intoxication oxycarbonée, en dehors de la forme immédiatement mortelle, dont la réalité soit bien établie ».

(1) Et plus encore, avons-nous dit, sur la mise en évidence de l'oxyde de carbone dans le sang du malade, celui-ci étant encore sous l'influence de la source oxycarbonée.

V

Anatomie pathologique.

1^o Examen du cadavre.

Alors que le sang en se réduisant donne habituellement aux cadavres un aspect cyanosé, dans le cas d'une asphyxie mortelle due à l'oxyde de carbone, la peau, les lèvres gardent une coloration rosée, en rapport avec l'absence de réduction *post mortem* de Hb CO. Les lividités cadavériques restent roses, elles présentent une surface plus grande et ont un siège paradoxal : au devant du cou, sur le thorax, les épaules, la face interne, antérieure même, des cuisses. Le cadavre garde l'aspect qu'il avait pendant la vie ; c'est ainsi que certains parents de victimes de l'incendie du Bazar de la Charité retardaient l'inhumation de celles-ci, dans la crainte que la mort ne soit pas survenue.

Cet aspect rose se présente d'ailleurs, quoique à un degré moindre, chez les cadavres à la suite d'intoxication par les cyanures et les barbituriques.

2^o Lésions des divers organes.

— A l'autopsie, « *tout est rose* » : même coloration rosée des muscles, des viscères, notamment de l'estomac, de l'intestin grêle, des méninges.

— Même constatation pour le sang : alors que d'une façon courante, le sang artériel est rouge vif et le sang veineux violacé, le sang oxycarboné est rouge cerise, même dans les veines.

Si l'on fait des incisions, c'est un sang rouge groseille qui s'écoule. A la coupe, l'encéphale présente un ponctué rouge vif.

Contrairement à l'opinion de BROUARDEL, la putréfaction suit son cours normal. Cependant NICLOUX a montré que le sang extrait du cœur et conservé dans un bocal, peut, plusieurs mois après, présenter encore le spectre d'absorption de Hb CO.

— Le *poumon* présente parfois un œdème généralisé du parenchyme avec des zones rouge vif : c'est l'*œdème carminé* de Lacassagne. Souvent encore on observe des taches ecchymotiques sous-pleurales et sous-péricardiques, appelées *taches de Tardieu*, constantes d'ailleurs tant dans l'asphyxie par l'oxyde de carbone que dans celle par suffocation ou strangulation et que Mosso a rattachées à la paralysie du pneumogastrique due à l'anoxhémie ; BALTHAZARD a signalé aussi la présence de noyaux d'infarctus plus ou moins

nombreux, donnant parfois un aspect tigré au poumon.

— Des infarctus ont été signalés dans les *membres* par RENDU, BROUARDEL, et dans le cerveau au niveau des noyaux lenticulaires par POELCHER.

Il y a plus : les lésions observées au niveau de certains organes, notamment le rein et le système nerveux, sont telles qu'elles ont été imputées au seul oxyde de carbone, par les partisans de la théorie toxique à laquelle nous avons opposé dans tout ce qui précède la théorie asphyxique. Comme ces lésions entraînent dans le cas de survie des complications particulières, nous allons nous y arrêter plus longuement.

— *Rein.* — ASCARELLI a signalé des altérations légères des cellules des tubes contournés ainsi qu'une dégénérescence granuleuse et vasculaire du cytoplasma, parfois même une nécrose des épithéliums des tubes contournés.

Pour BALTHAZARD, ces lésions ne seraient en aucune façon pathognomoniques d'oxyde de carbone, mais se retrouveraient dans toutes les asphyxies, que ce soit par strangulation, suffocation, respiration même d'un gaz inerte comme l'azote, l'hydrogène. Tant qu'à la nécrose, cet auteur les rattache à des altérations cadavériques.

— *Système nerveux.* — En Allemagne, on a rapporté des cas d'*hémiplegies*, dont l'origine centrale n'est pas douteuse.

En France, un certain nombre d'observateurs ont rapporté des cas de *paralysies névritiques*, telles que les réalisent les intoxications saturnine, arsenicale, alcoolique, d'où le rapprochement qui a été fait, de l'oxyde de carbone aux poisons localisant surtout leur action sur les nerfs périphériques.

BALTHAZARD a repris longuement l'étude des *paralysies oxycarbonées* :

« a) PARALYSIES D'ORIGINE CENTRALE. — Ce sont des paralysies précoces, succédant même parfois immédiatement au commencement d'asphyxie. On observe une hémiplégie et le malade succombe au bout d'un temps plus ou moins long. POELCHER a rapporté 10 cas de foyers de ramollissement dans les corps striés. Pour BALTHAZARD, ce serait des ramollissements consécutifs à des *thromboses vasculaires*, dues au ralentissement extrême de la circulation au cours du début d'asphyxie.

b) TROUBLES NERVEUX RESSORTISSANT DE L'HYSTÉRIE. — Les tentatives de suicide par l'oxyde de carbone sont souvent, comme tous les grands chocs nerveux, le point de départ d'accidents hystériques : parmi les troubles nerveux, on observe, en pareil cas, des paralysies, plus souvent des contractures, des troubles d'anesthésie sous forme d'hémianesthésie ou d'anesthésies en botte, en gant. Dans certaines observations, les accidents ont disparu de façon subite sous l'influence de la suggestion.

c) POLYNÉVRITES. — Dans les observations publiées, on relève :

- soit une *étiologie obscure* et c'est « parce que l'on ignorait les causes de la polynévrite qu'on a cru devoir l'attribuer à une intoxication par l'oxyde de carbone dont la réalité n'est pas directement établie » ;
- soit une *étiologie complexe*, plusieurs facteurs de polynévrites peuvent être incriminés et pourtant on n'hésite pas à mettre en cause uniquement l'oxyde de carbone. L'une des observations fondamentales sur lesquelles s'appuie BRISSAUD dans sa thèse d'agrégation est due à LEUDET : un homme tente de s'asphyxier avec un réchaud et présente 15 jours plus tard une polynévrite ascendante à type de *maladie de Landry* avec mort : mais on n'attache aucune importance à ce fait que l'individu a ingéré 1/2 litre d'eau-de-vie avant sa tentative de suicide !

Il est quelques rares observations dues à BROUARDEL et LANDOUZY, à RENDU, à JACOBY, où le commencement d'asphyxie par l'oxyde de carbone est bien établi et où les paralysies consécutives sont sûrement dues à des névrites périphériques. Mais dans ces cas, on a toujours trouvé sur le trajet du nerf atteint des bosses sanguines, des *hématomes* exerçant une compression sur ce nerf, qui se sont constitués pendant le début de l'asphyxie par thrombose vasculaire due au ralentissement de la circulation.

tissement extrême de la circulation. Il s'agit de « *névrite dite « apoplectiforme* », et là encore, il est impossible de mettre en évidence une action toxique de l'oxyde de carbone sur le nerf périphérique.

L'étude des paralysies oxycarbonées mérite d'être entièrement révisée et il n'existe pas un seul cas démonstratif où l'on puisse rapporter à l'action de l'oxyde de carbone, le développement d'une paralysie périphérique névritique. »

En résumé, il n'y aurait rien en dehors des hématomes et PIÉDELIÈVRE partage entièrement cette opinion.

VI

Toxicologie.

Le diagnostic médico-légal a, à sa disposition, pour la mise en évidence de l'oxyde de carbone dans le sang d'un individu, deux procédés, l'un physique, la recherche spectroscopique et l'hémospectromètre de Balthazard ; le second, chimique : la méthode de Nicloux. Nous les indiquerons très sommairement :

Recherche spectroscopique.

L'oxyhémoglobine et la carboxyhémoglobine présentent un spectre très analogue, avec deux bandes d'absorption entre les raies D et E.

Mais alors que l'oxyhémoglobine est réduite par le sulfhydrate d'ammoniaque ou l'hydrosulfite de soude, en hémoglobine, dont le spectre présente une bande unique, dite *bande de Stokes*, couvrant la raie D et s'étalant sur la raie F, l'oxycarbohémoglobine ne subit aucune modification sous l'influence de ces réducteurs, et c'est à peine si les bandes caractéristiques de son spectre se déplacent légèrement vers la droite.

A priori, il y a là un excellent moyen pour caractériser l'oxyde de carbone dans le sang, mais s'il en est ainsi lorsque la teneur en oxyde de carbone est très éleyée, notamment s'il y a eu mort, OGIER a montré que pour des teneurs inférieures à 20 p. 1.000, l'apparition de la bande de Stokes peut masquer la persistance des deux bandes de l'oxycarbohémo-globine.

Hémospectromètre de Balthazard.

A l'aide de cet appareil, muni de deux fils verticaux entre lesquels on place la bande d'absorption, de façon qu'il y ait égalité de pénombre par rapport aux fils, on détermine la longueur d'onde λ correspondant au maximum d'intensité de la bande de gauche :

Or pour l'oxyhémo-globine	$\lambda = 577$
Pour la carboxyhémo-globine	$\lambda = 570$
Et pour une teneur en oxyde de carbone, telle que le « coefficient d'empoisonnement » est égal à 0,66, c'est-à-dire que la mort survienne.....	$\lambda = 572$

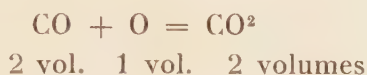
Par suite, pour les mélanges d'oxyhémo-globine et de carboxyhémo-globine, le déplacement vers la droite sera d'autant plus marqué que le sang est plus riche en oxyde de carbone. Il suffit donc de déterminer par une simple lecture sur un cercle gradué, la longueur d'onde correspondante au maximum d'intensité de la bande de gauche, pour obtenir sur une table, la valeur du coefficient d'empoisonnement, avec une précision que ne dépassent pas les méthodes chimiques.

Méthodes chimiques.

On extrait dans le vide les gaz du sang, en présence d'acide phosphorique à 45° B., à chaud (bain de Ca Cl² à 110°), puis on dose directement l'oxyde de carbone sous la cloche à gaz.

Avant NICLOUX, on utilisait une pompe à mercure, cet auteur la remplace par une simple trompe à eau.

Après avoir absorbé l'acide carbonique par la potasse, on fait brûler l'oxyde de carbone dans l'eudiomètre de Gréhan, simplifié par Nicloux.



le volume d'oxyde de carbone est donc le 1/3 de la réduction du volume.

Résultats.

Il existe normalement une faible proportion d'oxyde de carbone dans le sang humain, 0 cmc. 1 %, ainsi que l'a montré NICLOUX, et qui correspond à un coefficient d'empoisonnement de 0,01.

La valeur de ce coefficient peut s'accroître chez des sujets qui vivent près de sources d'oxyde de carbone, sans atteindre cependant des valeurs inquiétantes. Aucun symptôme ne se manifesterait tant que ce coefficient est inférieur à 0,30. La présence d'une petite quantité d'oxyde de carbone dans le sang d'un chauffeur de calorifère, trouvé mort près du foyer,

ne permet pas d'attribuer la mort à l'intoxication oxycarbonée.

La présence de l'oxyde de carbone dans le sang des organes internes — foie, rate, reins — est toujours une preuve d'une absorption *vitale* ainsi que l'a montré STOLL, et permet de savoir si un incendie n'a pas été allumé de façon à dissimuler un crime antérieur. On conçoit l'intérêt de cette constatation en cas d'expertise médico-légale.

VII

Thérapeutique.

1^o Prophylaxie.

Supprimer les sources de production d'oxyde de carbone, tel doit être le but poursuivi avant tout.

Nous y avons fait allusion au cours du chapitre consacré à l'« Oxyde de carbone dans les Villes » ; nous y reviendrons dans les « Conclusions ».

2^o Traitement curatif.

ASPHYXIE AIGÜE.

De la pathogénie, sur laquelle nous avons longuement insisté, il est facile de déduire une thérapeutique et, *a priori*, nous sommes en droit d'escompter de véritables résurrections, à condition toutefois d'agir vite, les minutes comptent en effet, et c'est un traitement d'urgence qui doit être institué.

Comme dans toute intoxication, il faut amener la victime à l'air libre et la *réchauffer*.

Si elle n'a pas perdu entièrement connaissance, il

faut éviter tout besoin superflu d'oxygène, tout travail musculaire, donc assurer l'*immobilisation*.

Il faut alors déplacer l'oxyde de carbone par un excès d'oxygène. Pratiquement, on amènera celui-ci au contact du sang, dans les alvéoles pulmonaires, *par inhalation d'oxygène*, au moyen d'un *masque à soupape, type Legendre et Nicloux*, séparant à chaque mouvement respiratoire les gaz inspirés de l'oxygène inspiré.

Si l'individu est syncopal, il faut en outre pratiquer la *respiration artificielle* à la main (méthode Sylvester ou Schafer) ou avec un appareil spécial (Pulmotor Draeger, appareil Jean Camus-Piketty).

HENDERSON et HAGGARD ont préconisé l'emploi au lieu d'oxygène pur, d'un mélange de 95 parties d'oxygène pour 5 d'acide carbonique connu sous le nom de « *carbogène* ». L'élimination de l'oxyde de carbone est ainsi plus rapide du fait même de l'augmentation de la ventilation pulmonaire, due à la présence d'acide carbonique connu depuis longtemps comme un excitant des centres respiratoires.

Il existe des nécessaires à oxygénothérapie permettant l'administration de ce mélange gazeux, enfermé à l'avance dans des bouteilles de fer ou préparé extemporainement.

Même chez un intoxiqué en état de mort apparente, il faut pratiquer la respiration artificielle et l'inhalation du mélange $O + CO^2$, tant que les signes cadavériques certains ne sont pas constatés et l'on a pu assister ainsi à de véritables résurrections.

NICLOUX, NERSON, STAHL, WEILL ont expérimenté les *injections sous-cutanées d'oxygène* : leur efficacité est réelle, plus considérable qu'on aurait pu le supposer.

Mais seule la *respiration* de l'oxygène pur peut provoquer l'élimination rapide de l'oxyde de carbone et faire qu'en une heure par exemple celle-ci soit pratiquement complète.

Autrefois, on préconisait la saignée : une telle pratique n'est plus conseillée, ni pratiquée, car elle est en contradiction flagrante avec tout ce que nous savons de l'élimination de l'oxyde de carbone, réalisée si simplement par l'inhalation d'oxygène, et il importe de garder le plus de sang possible. Tout au contraire, la *transfusion du sang* peut se soutenir du point de vue théorique, mais dans la pratique, elle présente de telles difficultés qu'elle n'est pas utilisée.

En même temps que l'inhalation d'oxygène et la respiration artificielle, on pratique de la révulsion cutanée au gant de crin, et on administre des toniques cardiaques, la cardomine de préférence.

Les *résultats* sont le plus souvent excellents, parfois au-dessus de toute espérance, surtout lorsque l'asphyxie a été rapide et que sans arriver au coefficient d'empoisonnement mortel de 0,66, il a atteint 0,60 par exemple en peu de temps.

Le rappel à la vie est plus difficile lorsque ce taux n'est atteint que lentement en 24 heures et plus ; dans ces conditions les cellules musculaires et les cellules du cerveau sont atteintes et, dans ces cas exception-

nels, une saignée peut être pratiquée de façon à combattre un œdème aigu du poumon possible.

Disons encore qu'après la réanimation, les soins ultérieurs ont une grande importance : les intoxiqués par l'oxyde de carbone présentant facilement des complications pulmonaires, comme nous l'avons vu. Il importera donc de prendre toutes précautions : pour leur réchauffement, leur isolement, la désinfection de leurs voies respiratoires.

Tout récemment, dans une note parue dans le *Bruxelles médical* du 21 février 1937, LANGELEZ, Inspecteur général, Chef du Service Médical du Travail, préconise l'emploi d'injections intraveineuses de *bleu de méthylène* — à l'instar de la thérapeutique utilisée dans les intoxications par les cyanures — en combinant d'ailleurs avec la respiration artificielle. GEIGER (de San Francisco) recommande des injections intraveineuses de 50 cmc. d'une solution à 1 % de bleu de méthylène, dans du sérum physiologique, à répéter, si nécessaire, 15 à 30 minutes plus tard.

OXYCARBONISME CHRONIQUE.

Avant tout, il faut soustraire l'individu au milieu suspect et le soumettre à une cure d'air.

L'école lyonnaise, qui voit dans les sujets atteints d'oxycarbonisme chronique des polysensibilisés, institue une thérapeutique désensibilisatrice, à poursuivre plusieurs mois, et rejetant l'autohémothérapie,

préconise des injections sous-cutanées d'hyposulfite de soude.

A ce traitement de fond, il est recommandé d'adjoindre suivant les cas particuliers, d'autres agents thérapeutiques visant à combattre l'anémie, les troubles digestifs, les troubles du métabolisme des graisses, etc...

DEUXIÈME PARTIE

LE DANGER OXYCARBONÉ EN TEMPS DE GUERRE

La question des « gaz de combat », des « gaz asphyxiants », dont l'utilisation pendant la guerre 1914-1918 a causé de terribles ravages, préoccupe à juste titre les pouvoirs publics et la population elle-même. Plus que jamais ce grave problème étant à l'ordre du jour, nous avons cru nécessaire, à la fin de cette étude, d'envisager le danger oxycarboné en temps de guerre.

1^o L'oxyde de carbone peut-il être utilisé comme moyen de lutte en temps de guerre ?

Les caractères mêmes de l'oxyde de carbone, son insidiosité, son action brutale à dose massive, semblent militer en faveur de son emploi comme gaz de combat. Mais on s'est toujours heurté aux nombreuses difficultés techniques que rencontrent son émission et sa concentration suffisante en un point donné. Sans

doute peut-on concevoir la possibilité de construire toute une canalisation susceptible de déverser brusquement un volume énorme d'oxyde de carbone, à l'instar de ce qui fut accompli au printemps de 1915 par les Allemands contre les troupes canadiennes dans la région de l'Yser avec le gaz chlore. Mais outre les difficultés matérielles à surmonter, l'emploi ne pourrait en être que localisé et par ailleurs le but poursuivi est-il largement atteint par de nombreuses substances, suffocantes, vésicantes, irritantes, toxiques généraux, qui ont fait la preuve de leur terrible efficacité et dont l'arsenal des belligérants est richement doté, sans compter celles que la chimie de guerre se préoccupe de créer.

Aussi, bien que nous ignorons les possibilités futures que l'ingéniosité humaine est capable de réaliser, l'oxyde de carbone ne semble pas susceptible d'être utilisé sur une vaste échelle et actuellement, tout au moins, les armées belligérantes ne sont pas en mesure d'y avoir recours.

2° Les causes de production d'oxyde de carbone pendant la guerre.

Mais est-ce à dire que nous puissions nous désintéresser du danger oxycarboné et négliger de nous prémunir contre son action nocive ? Il n'en est malheureusement pas ainsi et nombreuses en furent les victimes dans le passé puisque aussi bien les sources

d'oxyde de carbone sont multiples au cours des combats. *Tous les explosifs*, en effet, poudre noire ou sans fumée, dynamite, explosifs nitrés surtout, donnent en déflagrant des quantités énormes d'oxyde de carbone ; c'est ainsi que la tolite (trinitrotoluène) l'un des plus utilisés, produit 600 litres d'oxyde de carbone par kilogramme d'explosif !

Constamment le combattant est exposé à son action nocive : dans un abri, dans une casemate, une mitrailleuse tirant à la cadence de 200 coups, dégage 60 litres d'oxyde de carbone par les orifices autres que le canon, situés par conséquent à l'intérieur de l'espace clos.

Un projectile de 150 contient une dizaine de kilogrammes d'explosif dégageant par suite 6 mc. d'oxyde de carbone. On conçoit le danger présenté par le cratère qui vient d'être formé par l'explosion d'un obus au moment où les combattants se précipitent pour l'occuper. Les occupants des tanks de combat, de tourelles blindées, d'avions de chasse à carlingue réduite, sont aussi particulièrement menacés.

En outre, le gaz produit par l'explosion d'une mine, d'un obus de gros calibre, peut diffuser très loin à travers le sol disloqué et fissuré par suite de l'ébranlement provoqué par la détonation de l'explosif et venir asphyxier les occupants d'une sape, d'un abri : on connaît, au cours de la guerre 1914-1918, le cas d'un poste de commandement allemand où tous les occupants furent surpris en pleine quiétude et chez

lesquels la mort survint de façon quasi-instantanée, les immobilisant dans la position même qu'ils occupaient : l'un d'eux fut retrouvé tenant encore en main la pièce qu'il se proposait de déplacer sur un échiquier.

La guerre de « *sapes* » fit aussi de nombreuses victimes parmi les belligérants, au moment de l'explosion, mais encore parmi les combattants occupés à creuser les galeries souterraines, crevant brusquement d'un coup de pioche une poche où s'étaient accumulés les gaz, particulièrement riches en oxyde de carbone, provenant de la déflagration antérieure d'une charge insuffisante d'explosif, et nous nous rappelons personnellement nos trop nombreux camarades tombés dans le *secteur d'Ecurie-Roclincourt*, au nord d'Arras, que nous occupions au printemps 1915 et où la guerre de sares était particulièrement en honneur ; la mort les surprenait brutalement, sans blessures, avec une allure de mystère angoissant contre lequel nous étions impuissants.

Mais la population civile n'est pas davantage à l'abri contre l'attaque sournoise de l'oxyde de carbone, puisque aussi bien, avons-nous vu, l'explosion de gros projectiles s'accompagne d'une quantité impressionnante de ce gaz.

Aussi s'est-on efforcé de prémunir ceux qui sont particulièrement menacés contre l'action nocive de l'oxyde de carbone.

3^e Moyens de protection.

Pour nombreuses que se poursuivent les recherches, assez décevants, il faut bien le dire, sont encore les résultats.

1. *Protection individuelle.*

On peut réaliser la protection individuelle contre les atmosphères toxiques, soit par l'épuration et la filtration de celles-ci (appareils filtrants), soit en faisant respirer aux individus une atmosphère spéciale, isolée de l'atmosphère ambiante dangereuse et renouvelée par des appareils appropriés.

a) APPAREILS FILTRANTS. — Ce sont les « *masques à gaz* » qui jouent un rôle actif de protection contre les gaz de combat employés ou connus actuellement, *sauf malheureusement l'oxyde de carbone*. La plupart d'entre eux sont équipés uniquement avec des cartouches à *charbon* particulièrement *actif*. C'est une filtration physique, dans laquelle interviennent des phénomènes d'absorption. Les plus connus sont :

- l'appareil respiratoire spécial A. R. S. (qui renferme en outre des granulés « Z » et « N », agents absorbants à réaction alcaline) ;
- l'appareil normal de protection modèle 1931 ;
- l'appareil Tissot petit modèle PM ;
- l'appareil Tissot grand modèle GM.

Ce sont ces différents appareils qui sont mis à la

disposition des combattants et que l'on tend à répandre de plus en plus dans le public, en prévision d'une attaque brusquée.

Malheureusement, avons-nous dit, son efficacité est nulle vis-à-vis de l'oxyde de carbone.

On construit cependant depuis plusieurs années des appareils de même type, mais dans les récipients filtrants desquels on emploie des granulés constitués de mélanges d'oxydes, dont le prototype est l'*hopcalite*, qui comporte environ 60 % de bioxyde de manganèse et 40 % d'oxyde de cuivre, amenés à un état extrêmement divisé, voire colloïdal. Grâce à leur pouvoir oxydant remarquable *ces granulés catalysent* la formation d'oxyde de carbone en acide carbonique, inoffensif dans les conditions pratiques, et cela même pour les basses températures, 0° et au-dessous, et pour des concentrations en oxyde de carbone très élevées, 1 % en volume et plus. Mais ils comportent le grave inconvénient d'exiger l'absorption préalable de toute humidité de l'air, au moyen de granulés desséchants, placés en amont dans le circuit filtrant, *l'humidité*, même à très faible dose, constituant en effet un *véritable poison de la catalyse*.

Cet inconvénient qui empêche, à juste titre, la généralisation de l'emploi de tels appareils filtrants, a suscité de nombreuses recherches. Jusqu'à présent, celles-ci ne semblent pas être couronnées de succès et notamment les différents appareils qui nous ont été soumis pour expérimentation au Laboratoire d'Hygiène n'ont pas donné satisfaction.

b) APPAREILS ISOLANTS. — Ces appareils sont *particulièrement efficaces vis-à-vis de l'oxyde de carbone*, mais leur usage est limité à des cas spéciaux : ce sont des *producteurs d'oxygène*. Ils sont de deux sortes : les *appareils à circuit ouvert* et les *appareils à circuit fermé*.

Les premiers ne récupèrent pas l'air ou l'oxygène qui parvient aux poumons, alors que les seconds assurent cette récupération. Les premiers sont tributaires d'une source d'air ou d'oxygène dont ils ne peuvent s'éloigner, les seconds ne dépendent que de la régularité de leur fonctionnement.

Tous les appareils isolants doivent être complétés par des lunettes étanches, chaque fois qu'on peut craindre la présence de gaz autres que l'oxyde de carbone.

Les plus utilisés sont :

l'appareil respiratoire Draeger

et l'appareil respiratoire M. C. G. de longue durée,
dit appareil Fenzy grand modèle,

dans lesquels l'oxygène est fourni par un obus à oxygène de 0 l. 300 sous la pression de 150 kilos.

Dans l'appareil respiratoire M. C. G. de courte durée, dit *appareil Fenzy petit modèle*, les organes producteurs d'oxygène sont : 1 cartouche d'oxylithe (peroxyde de sodium ou de potassium) et 2 tubes en acier, dits capsules Sparklet, contenant chacun 10 cmc. d'oxygène comprimé à 100 kilos, soit environ 1 litre mesuré à la pression atmosphérique. Ce der-

nier est plus spécialement réservé aux sapeurs-mineurs.

Les appareils isolants sont réservés aux opérations de sauvetage, au travail en galeries de mine ou dans les endroits infectés, service de mitrailleuse dans une casemate, non ventilée.

Notons que l'emploi de générateurs à oxygène utilisant l'« oxygénite » (mélange de perchlorate de soude, de charbon et d'oxyde de fer ou de manganèse) est proscrit, l'oxygène produit contenant des substances qui peuvent rendre l'atmosphère dangereuse.

2. *Protection collective.*

Nous serons très bref en ce qui concerne la protection collective contre les gaz de combat en général.

Elle comprend :

a) L'INSTALLATION DE SIGNAUX D'ALERTE (signaux acoustiques et signaux optiques, tels que fusées, pour les armées en campagne, sirènes pour les populations civiles).

b) L'ORGANISATION DES ABRIS. — Sans entrer dans le détail de l'organisation de la protection individuelle de la population civile, nous nous bornerons à énumérer les différentes mesures envisagées : création d'abris profonds, évacuation de la population civile « passive » en ne conservant que les corps « actifs » participant à la défense, à la désinfection et à la vie

sociale indispensable ; mise à la disposition de masques à gaz.

Ces mesures sortent un peu de notre cadre et nous nous limiterons à celles relatives à la *protection contre l'oxyde de carbone*.

Elles ont été envisagées par l'autorité militaire et réunies dans « *l'Instruction technique sur la protection contre les gaz de combat* » à laquelle nous empruntons ce qui suit :

« 326. — La présence de l'oxyde de carbone peut être révélée au moyen du *détecteur L. D.* Celui-ci se compose d'un petit flacon dont le bouchon en liège est traversé par un tube de verre. Ce tube porte, à l'extérieur du flacon, une poire en caoutchouc ; le bouchon est muni d'une rainure latérale permettant le passage de l'air, et d'un crochet auquel on adapte une bande de papier réactif (1), dont un approvisionnement est conservé, à l'abri de l'humidité, dans un flacon bouché.

A la partie supérieure d'une bande de papier réactif, faire un petit trou à l'aide d'une épingle ou d'un canif. Tremper le papier dans l'eau propre ; le retirer rapidement et éliminer l'eau en excès en agitant, ou mieux en pressant légèrement le ruban entre deux feuilles de papier buvard.

(1) Le réactif utilisé est vraisemblablement du chlorure de palladium. Sans mettre en doute l'efficacité de cet appareil, nous sommes sceptiques quant à son utilisation par les corps de troupe et nous craignons fort qu'on s'exagère les services qu'il serait susceptible de rendre.

Retirer le bouchon de l'appareil pour suspendre le papier par son trou au crochet du bouchon, puis reboucher.

Se protéger avec un appareil *isolant* avant de pénétrer dans l'atmosphère suspecte. Placer le flacon dans cette atmosphère ; presser la poire une vingtaine de fois (avoir soin de ne pas obturer l'orifice de prise d'air) de façon à remplacer l'air contenu dans le flacon par l'air extérieur.

Examiner ensuite le flacon hors de l'atmosphère suspecte. Pour une dose d'oxyde de carbone de 1/3.000 à 1/1.000 en volume, on voit au bout de 2 à 3 minutes, le papier prendre une teinte grise très nette. Pour une concentration supérieure à 1/1.000, la réaction est d'autant plus rapide et la teinte d'autant plus accentuée que la dose d'oxyde de carbone est plus forte.

Pour chaque recherche, employer une nouvelle bande de papier.

Outre la reconnaissance des atmosphères suspectes pour laquelle on opère comme il vient d'être dit, le détecteur peut servir également aux occupants d'un local ou aux travailleurs d'une galerie pour s'assurer que l'atmosphère dans laquelle ils vivent n'est pas viciée par l'oxyde de carbone.

On peut aussi déceler l'oxyde de carbone en utilisant des petits oiseaux qui tombent morts dans une atmosphère contenant une dose d'oxyde de carbone qui n'est pas encore dangereuse pour l'homme.

La manifestation des premiers symptômes d'intoxication oxycarbonée (maux de tête, vertiges, fa-

tigue, etc...) chez tous les occupants d'un abri doit être considérée comme un indice suffisant de la présence de l'oxyde de carbone.

327. — Lorsque la présence de l'oxyde de carbone dans un abri est soupçonnée ou décelée, la première chose à faire est d'évacuer l'abri et de n'y laisser pénétrer que les hommes munis d'un appareil *isolant*.

Assurer ensuite la ventilation de l'abri, soit en allumant des feux, soit par aspiration à l'aide de ventilateurs. Un simple dégagement d'oxygène serait inefficace.

L'assainissement par le feu ne s'applique pas aux galeries de mines.

328. — Les opérations de sauvetage ne sont faites que par des hommes munis d'un appareil isolant. Elles doivent être conduites par équipes de 2 hommes au moins ; en cas de besoin, un des sauveteurs doit pouvoir porter secours à l'autre.

Le matériel destiné à donner les premiers soins aux intoxiqués est fourni par le service de santé.

329. — Pour éviter les accidents dans les abris de mitrailleuses, chercher autant que possible à installer celles-ci à l'air libre.

Lorsqu'il est nécessaire de recourir aux abris, assurer une ventilation énergique en maintenant un courant d'air permanent entre le créneau de tir et la porte.

Diminuer le dégagement d'oxyde de carbone en

rapprochant autant que possible l'axe de pivotement de la paroi de l'abri, de manière que l'orifice d'échappement des gaz se trouve franchement hors de l'abri ; ce résultat pourra être obtenu en pratiquant dans la paroi, au-dessous du créneau, un logement pour les pieds antérieurs du trépied, ou en montant la mitrailleuse sur un affût de circonstance approprié.

Dans le cas où ces conditions ne seraient pas réalisables et si les mitrailleuses ne sont pas pourvues d'un dispositif assurant l'évacuation des gaz de la poudre, munir les mitrailleurs d'appareils isolants ».

CONCLUSIONS

Les remarquables travaux de GRÉHANT, de BALTHAZARD et NICLOUX, ont modifié complètement l'ancienne conception : l'oxyde de carbone n'est pas un gaz toxique à proprement parler, mais un gaz asphyxiant. Il agit par un mécanisme d'anoxhémie : c'est par sa fixation sur l'hémoglobine, dont il supprime la fonction de vecteur d'oxygène, qu'il détermine la mort.

Mais alors que BROUARDEL, pensait que seule, la question de temps intervient, la teneur n'étant qu'un élément accessoire, celle-ci prend une importance capitale, le facteur temps n'entrant en jeu que secondairement et n'ayant plus même qu'un rôle très discuté pour les teneurs minimales très fréquemment rencontrées pratiquement.

Les accidents mortels ne se produisent en effet, que lorsque les $\frac{2}{3}$ de l'hémoglobine sont immobilisés sous forme d'oxycarbohémoglobine, ce qui correspond à un « coefficient d'empoisonnement » de 66 %, en désignant ainsi, avec BALTHAZARD et NICLOUX, le rapport de l'hémoglobine bloquée à l'hémoglobine totale. Bien plus, cette proportion n'étant pas atteinte, si

l'individu revient à l'air libre ou mieux encore si l'on fait intervenir la respiration artificielle, l'hémoglobine atteinte se régénère, grâce à la réversibilité de la réaction.

En dehors des asphyxies massives, provoquées par un apport brutal d'oxyde de carbone, au cours desquelles la mort survient de façon quasi-immédiate, le facteur temps entre naturellement en jeu, tout au moins pour des concentrations très élevées, car lorsque la teneur tombe au-dessous d'un certain taux, le séjour, même prolongé, dans de telles atmosphères, n'est pas susceptible d'entraîner la mort.

On s'accorde généralement à admettre que la mort survient au bout de 2 heures environ, dans une *atmosphère renfermant 1/500 d'oxyde de carbone* : c'est la TENEUR ASPHYXIQUE ou *toxique* selon la théorie pathogénique adoptée.

Il semble que l'on puisse fixer à 1/5.000 la concentration que nous appelons TENEUR D'ALARME, coïncidant avec l'apparition de troubles graves (céphalée, troubles sensoriels, modification du pouls et de la respiration), justifiant la nécessité de prendre des mesures d'urgence.

Mais pour les proportions inférieures à ce taux, des divergences considérables apparaissent entre les auteurs, lorsqu'il s'agit de préciser la teneur correspondant au seuil d'action nocive, ou encore la concentration susceptible de retenir l'attention et que nous désignons sous le nom de TENEUR LIMITE, les uns affirmant la nécessité de doses considérables pour déclan-

cher des troubles cliniques, les autres, au contraire, partisans de l'influence de doses, même minimales.

Disons dès maintenant que, bien que partisan convaincu de l'innocuité d'une aussi faible proportion, nous admettons comme TENEUR LIMITE : $1/100.000$; nous indiquerons d'ailleurs les raisons de nos préférences.

Ces données générales s'appliquant au danger oxycarboné dans son ensemble, nous envisagerons maintenant, suivant les deux grandes divisions que nous avons adoptées, le danger en temps de paix, puis en temps de guerre.

I. — Danger oxycarboné en temps de paix.

Laissant de côté les *asphyxies massives*, dues à des causes absolument exceptionnelles, nous serons très bref sur les *asphyxies aiguës*, extrêmement rares d'ailleurs, pouvant survenir lorsque la production d'oxyde de carbone est particulièrement intense dans des espaces non ventilés (par fuites de gaz, chauffebains) aboutissant à des concentrations supérieures à la teneur asphyxique de $1/500$ et entraînant une mort plus ou moins rapide.

Plus longuement vont nous retenir les teneurs inférieures à ce chiffre et non susceptibles de provoquer des accidents mortels.

Nous avons rencontré fréquemment, dans notre longue pratique, des taux supérieurs à la teneur d'alarme de $1/5.000$: ateliers de réparations pour au-

tomobiles, garages individuels, salles de bains, plus rarement cuisines ou locaux présentant de gros dégâts matériels, notamment fissures importantes, orifices intéressant des conduits de fumées.

Mais bien souvent les proportions d'oxyde de carbone rencontrées dans la vie domestique sont comprises entre le 1/20.000 et le 1/100.000. Est-ce à dire qu'il n'y ait pas lieu d'en tenir compte et, en admettant l'inocuité de semblables teneurs, il n'y ait qu'à laisser les choses en état ? Evidemment non, et sans envisager la possibilité d'accidents sérieux plus ou moins rapprochés, entraînant des mesures d'urgence, le seul fait de déceler à l'analyse la présence de l'oxyde de carbone, même à l'état de traces de l'ordre du 1/100.000, doit, à notre avis, en faire rechercher l'origine afin de tenter de le supprimer. C'est qu'en effet, nous avons observé des variations importantes au cours d'enquêtes motivées par une seule plainte et nombreuses sont les circonstances susceptibles d'aggraver une situation tout d'abord négligeable, au point de la rendre plus ou moins alarmante (recrudescence des causes, activité anormale de foyers voisins, siphonages inhabituels, modifications des circonstances atmosphériques, etc...). Ce sont ces considérations qui nous ont amené à adopter comme *teneur limite* celle de 1/100.000.

Cependant, en ce qui concerne l'hygiène de l'habitation, il y a lieu de n'envisager la possibilité d'*oxy-carbonisme chronique dans la vie domestique* qu'avec la plus grande circonspection, et nous partageons

absolument la manière de voir de BALTHAZARD « mettant en garde les médecins contre la facilité avec laquelle sont trop souvent délivrés des certificats d'intoxication oxycarbonée chronique ».

Plus conforme à la réalité nous paraît être l'existence d'un *oxycarbonisme chronique professionnel*. Bien qu'à notre avis, on ait tendance à étendre cette « *maladie professionnelle* » à trop de corporations, il paraît hors de doute qu'elle puisse s'appliquer à des ouvriers travaillant auprès de fourneaux ou de fours, à des tailleurs, chapeliers ou autres, utilisant pendant de longues heures des fers à repasser chauffés au charbon de bois, aux mécaniciens de garages et ateliers de réparations pour automobiles, où il nous a été donné d'observer des doses bien supérieures à la « teneur d'alarme ».

Aussi, bien qu'au cours de cet exposé nous ayons attiré l'attention sur de nombreux points particuliers, nous croyons utile, dans une vue d'ensemble, d'indiquer les moyens propres à assurer une hygiène satisfaisante.

Mesures prophylactiques. Desiderata.

I. — HYGIÈNE DES ATELIERS DE RÉPARATIONS, GARAGES COLLECTIFS ET INDIVIDUELS.

Les mesures s'imposent tout particulièrement dans de tels locaux où nous avons vu les teneurs en oxyde de carbone atteindre fréquemment le 1/1.000 et il

importe d'attirer particulièrement l'attention sur le fait que la pathogénie des accidents graves possibles, relève, plus encore que de l'oxyde de carbone, des hydrocarbures imbrûlés, des produits de décomposition des huiles de graissage, de l'usage de certains antidétonants (plomb tétra-éthyle) de la production d'oxydes d'azote par les chalumeaux oxyhydriques et oxyacétyléniques.

Aussi une ventilation énergique s'impose-t-elle — dans des conditions de protection du voisinage — ventilateurs, aspirateurs, captation des gaz et fumées, etc... En ce qui concerne les garages individuels, nous avons signalé un arrêté récent du Préfet de la Seine en date du 7 août 1936, améliorant les dispositions du Règlement sanitaire de la Ville de Paris, et imposant des mesures sévères à l'exécution desquelles il y a lieu de veiller.

II. — HYGIÈNE DE L'HABITATION.

1° *Hygiène de l'éclairage.*

L'emploi du gaz ne comporte pas de danger pratiquement. Il importe cependant de veiller, et encore cela peut-il sembler superflu à dire, sur la possibilité de fuites, la pathogénie des accidents par le gaz d'éclairage relevant non seulement de sa richesse en oxyde de carbone, qui ne doit pas dépasser 11 % d'après les règlements sanitaires, mais encore des carbures d'hydrogènes, de l'azote, de l'acide carbo-

nique qu'il renferme et qui prennent la place de l'oxygène, quantité pour quantité.

Notons que le « gaz à l'eau » présentant un grand pouvoir calorifique, mais particulièrement dangereux par les 30 à 40 % d'oxyde de carbone qu'il contient et par son absence d'odeur, est interdit pour l'usage domestique. Son emploi industriel est cependant toléré.

2° Hygiène du chauffage.

A. — Chauffage au gaz.

1. L'usage du gaz dans les *cuisines* s'accompagne parfois de production élevée supérieure à la teneur d'alarme, mais heureusement passagère, d'oxyde de carbone (*lessiveuses*, récipients remplis d'eau froide, chauffe-eau, etc...). On peut restreindre le danger dans une certaine mesure en surélevant le support des récipients utilisés, de façon à éviter l'écrasement de la flamme, mais c'est une précaution insuffisante et une ventilation efficace s'impose, surtout lorsqu'il n'existe pas de hottes de tirage.

Mieux encore, il est souhaitable de voir se généraliser l'emploi des cuisinières et des réchauds électriques.

2. *Les radiateurs à gaz* doivent être branchés sur une cheminée à bon tirage et de préférence être remplacés par des radiateurs électriques.

3. *Les chauffe-bains* sont souvent la cause, complètement méconnue, d'accidents graves et même, excep-

tionnellement, mortels. Fréquemment nous avons constaté, après 10 minutes de fonctionnement, la présence de 1/1.000 d'oxyde de carbone dans des salles de bains de dimensions exiguës, de 1/800 et même de 1/150 ! Aussi ne saurions-nous trop insister sur la nécessité de veiller à l'observation des prescriptions sanitaires trop souvent négligées : les tuyaux de dégagement doivent être surélevés jusqu'au faite de l'immeuble et il en est rarement ainsi.

Ceux-ci d'ailleurs sont en tôle et fréquemment obstrués par de l'oxyde de fer, dû à l'action de la vapeur d'eau accompagnant les gaz de la combustion.

Il serait préférable de prescrire l'emploi de tuyaux de cuivre, calorifugés, de façon à éviter des déperditions thermiques s'opposant à un bon tirage, ou de gaines de poteries, individuelles, intérieures ou extérieures et montant jusqu'au faite.

Il serait d'ailleurs désirable que tous les chauffe-bains, alimentés au gaz, soient l'objet d'une surveillance régulière, analogue à celle imposée pour les appareils à vapeur, chaudières et autoclaves.

L'emploi des chauffe-bains et chauffe-eau électriques devrait être généralisé, ainsi que l'alimentation des salles de bains et des cabinets de toilette, en eau chaude, par le calorifère de l'immeuble.

B. — Chauffage au charbon.

1. *L'étanchéité insuffisante et surtout les fissures des coffres à fumées, le défaut de tirage des chemi-*

nées, leur siphonage, sont les causes les plus fréquentes de la présence de l'oxyde de carbone dans les appartements, surtout quand il est fait usage de *poêles à combustion lente*.

A ce sujet, la législation actuelle est insuffisante et il y aurait lieu de la renforcer : trop souvent l'administration se heurte au mauvais vouloir de certains propriétaires pour l'exécution de mesures dont l'urgence est manifeste et de longs mois s'écoulent avant que le remède soit apporté. Il serait désirable que les services compétents puissent faire exécuter d'office, aux frais des propriétaires récalcitrants, les travaux indispensables. Bien entendu, il ne saurait être question que de cas d'espèce, où l'évidence ne saurait se contester, car il faut bien reconnaître par ailleurs, et nous l'avons constaté fréquemment, que de nombreuses plaintes sont introduites soit dans un but tendancieux, soit à la légère, soit même par des locataires de bonne foi, relevant plutôt d'un psychisme spécial, d'une phobie de l'oxyde de carbone, que de faits réels.

2. *Des cours et courettes* aux dimensions exiguës, surtout celles où débouchent des tuyaux de dégagement de chauffe-bains non réglementaires, et par rabat de fumées sous l'influence de certains vents, peuvent être assez fréquemment à incriminer : là encore la surveillance de l'observation des prescriptions sanitaires existantes est à désirer.

3. *Pour les calorifères à air chaud, à eau chaude ou à vapeur*, aucun danger n'existe pratiquement. Pour

les premiers toutefois, il y a lieu de veiller au parfait état de la cloche, qui pourrait accidentellement être fissurée et l'air prélevé dans les courettes devrait être obligatoirement dépoussiéré.

4. Interdiction des *réchauds à charbon de bois* utilisés pour le chauffage des fers à repasser, dans certains ateliers de tailleurs, chapeliers, etc... ou tout au moins obligation absolue de les disposer sous une hotte à bon tirage.

III. — HYGIÈNE DE LA RUE.

1. Suppression des *braseros à charbon* aux terrasses de café qui, s'ils ne présentent à vrai dire pratiquement aucun danger, l'allumage étant effectué en dehors des terrasses, en bordure du trottoir, peuvent constituer cependant une gêne pour les locataires du premier étage, par suites d'odeurs âcres et sulfureuses. Leur remplacement par des appareils électriques devrait être imposé.

2. L'influence de la *traction automobile* sur l'*atmosphère des voies parisiennes* est pratiquement négligeable, même dans les artères, aux heures où la circulation particulièrement intense nécessite l'établissement de barrages pour l'écoulement des voitures et des piétons. Mais si, pour ces derniers, la pollution de l'air par les gaz des automobiles ne se révèle pas aussi redoutable qu'on pourrait le craindre, on peut toutefois se demander s'il en est de même des boutiquiers riverains. Il y aurait lieu d'envisager la

possibilité de la rétention de l'oxyde de carbone des gaz d'échappement par les moteurs à essence tout au moins. On a proposé de munir les voitures d'un tuyau d'échappement vertical, dispositif qui paraît difficilement réalisable pour de simples raisons d'esthétique. La meilleure solution semble être d'assurer au maximum le bon fonctionnement du carburateur de façon à obtenir une combustion aussi parfaite que possible de l'essence entraînant la suppression de la production de l'oxyde de carbone. Un double avantage serait ainsi réalisé, au point de vue de l'hygiène et de l'économie, le coefficient d'utilisation de l'essence étant inverse de l'« indice de toxicité » défini par KOHN-ABREST. C'est donc pratiquement aux constructeurs d'automobiles qu'il conviendrait d'imposer l'étude d'une amélioration des dispositifs de carburation, de façon à abaisser le seuil de toxicité des gaz de combustion.

3. En ce qui concerne les *passages souterrains* pour automobiles, outre que la circulation y est le plus souvent interdite aux piétons, la ventilation y paraît actuellement satisfaisante. Ce ne serait qu'exceptionnellement en cas d'embouteillage dû à un accident, par exemple, que des proportions anormalement élevées d'oxyde de carbone pourraient être atteintes : d'ailleurs, dans cette éventualité, l'arrêt de leurs moteurs est recommandé, par affiches, aux chauffeurs.

4. Quant aux *voitures automobiles* elles-mêmes (autobus, cars, taxis, conduites intérieures), pratiquement, aucun danger ne semble à redouter, à moins de cir-

constances accidentelles : il y a lieu toutefois de veiller à une étanchéité parfaite du carter et du plancher de façon à ce que les gaz ne filtrent pas à l'intérieur.

II. — Danger oxycarboné en temps de guerre.

Actuellement, l'emploi de l'oxyde de carbone par les belligérants, sur une grande échelle, comme gaz de combat, n'est pas réalisable.

Ce n'est que d'une façon locale, accidentelle, sporadique que le danger oxycarboné peut se produire :

- soit du fait du combattant et pour lui-même dans les abris, casemates pour mitrailleuses, les galeries souterraines creusées au cours de la guerre de sape, les tanks de combat, les tourelles blindées sur les navires, les avions de chasse à carlingue réduite : la protection est facile, grâce aux appareils producteurs d'oxygène, *Draeger*, *Fenzy*, notamment ;
- soit du fait de l'ennemi, par suite de l'énorme quantité d'oxyde de carbone qui accompagne la déflagration des explosifs organiques nitrés, la tolite particulièrement, utilisés pour le chargement des projectiles.

Mais lorsqu'une bombe-torpille d'aviation, par exemple, vient, par un coup au but, à exploser dans un abri ou une galerie, plus importants encore que le danger oxycarboné sont, pour les occupants, les dom-

mages résultant de la projection des éclats de la bombe et du souffle produit.

Le véritable danger oxycarboné, aussi bien pour les troupes belligérantes que pour les populations civiles occupant dans les villes des abris souterrains aménagés en vue de la défense passive, est plutôt celui qui se produit, souvent à grande distance, à travers les fissures et ouvertures provoquées par l'ébranlement dû à la détonation de l'explosif. Quels que soient les progrès récemment accomplis dans les procédés de détection et de mesure d'oxyde de carbone, ceux-ci sont encore d'un maniement délicat et sont insuffisamment répandus, pour que les occupants soient efficacement protégés contre l'oxyde de carbone dont rien ne vient leur révéler la présence. Mais ce ne sont là que des faits isolés et, bien qu'il importe de poursuivre les recherches pour limiter le plus possible le danger oxycarboné, celui-ci, même dans les circonstances actuelles, ne saurait justifier des appréhensions exagérées.

Vu : le Président de la thèse,
L. TANON.

Vu : le Doyen,
TIFFENEAU.

Vu et permis d'imprimer :
le Recteur de l'Académie de Paris,
G. ROUSSY.

BIBLIOGRAPHIE

ALBERT-LEVY et PECOUL. — Dosage de CO dans les atmosphères confinées C. R. Ac. Sc., 1905, t. CXL, p. 98).

Annales de l'Observatoire Municipal (Observatoire de Montsouris, 1904, t. V, p. 410 et 1905, t. VI, p. 329).

Annales des Services Techniques d'Hygiène de la Ville de Paris, 1921, t. II, p. 43 ; 1922, t. III, p. 50 ; 1923, t. IV, p. 58 ; 1924, t. V, p. 32 ; 1925, t. VI, p. 26 ; 1926, t. VII, p. 21 ; 1927, t. VIII, p. 34 ; 1928, t. IX, p. 42.

Armand GAUTIER. — Sur le dosage de CO dilué dans de grandes quantités d'air (C. R. Ac. Sc., 1898, t. CXXVI, p. 793).

— Action de quelques réactifs de CO en vue de son dosage dans l'air des villes (*Ibid.*, p. 871).

— Etude préliminaire d'une méthode de dosage de CO dilué dans l'air (*Ibid.*, p. 921).

— Dosage de CO (*Ibid.*, 1899, t. CXXVIII, p. 487).

ATCHIA. — Contribution à l'étude de l'intoxication par les gaz des automobiles (Thèse Paris, 1931).

BALTHAZARD. — Précis de Médecine légale, 1935.

— Rapport au III^e Congrès de Médecine légale. *Bulletin de la Soc. de Méd. légale de France*, 1913, 2^e série, t. X, p. 122-184.

BALTHAZARD et NICLOUX. — Coefficient d'empoisonnement dans l'intoxication mortelle oxycarbonique chez l'homme (C. R. Ac. Sc., 1911, t. CLII, p. 1787).

- Technique de la détermination du coefficient d'empoisonnement dans l'intoxication oxycarbonique. *La pratique médico-légale*, 1914, t. I, p. 160).
- BROUARDEL. — Les asphyxies par les gaz et par les vapeurs, 1896, Baillière.
- BROUARDEL, DESCOURT et OGIER. — Un cas d'empoisonnement par le CO. *Annales d'Hygiène publique et de Médecine légale*, 1894, p. 376.
- CAMBIER. — Concours franco-belge de camions à gazo-gènes. *Ann. des Serv. Techn. d'Hygiène de la Ville de Paris*, 1926, t. VII, p. 49.
- CAMBIER et MARCY. — Production de CO par les becs d'éclairage à incandescence. *Ibid.*, 1922, t. III, p. 69.
- Claude BERNARD. — Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses, 1857, p. 172.
- COURMONT. — *Bulletin de l'Académie de Médecine*, 20 décembre 1910.
- DAUTREBANDE. — Les gaz toxiques, 1933.
- DEMESSE. — *Bulletin mensuel des Anciens élèves de l'Institut de Chimie de Paris*, 1937, n° 3, t. CXXXII, p. 81.
- DESOILLE. — Les troubles nerveux dus aux asphyxies aiguës et plus spécialement à l'asphyxie oxycarbonée. Thèse Paris, 1932.
- FLORENTIN et WANDERBERGHE. — Sur le dosage des faibles quantités de CO dans l'air et les gaz de fumées. *Bull. Soc. Chim.*, 1921, t. XXIX, p. 316.
- Critique des méthodes de dosage de CO dans l'air et les gaz de fumées (C. R. Ac. Sc., 1921, t. CLXXII, p. 391).
- GREHANT. — Détermination quantitative de CO combiné avec l'hémoglobine, mode d'élimination de CO (C. R. Ac. Sc., 1873, t. LXXVI, p. 233).

- Encyclopédie scientifique des Aide-mémoire : *les gaz du sang*, p. 151; CO, p. 132.
- Nouvelles recherches sur l'élimination de CO après un empoisonnement partiel (C. R. Ac. Sc., 1886, t. CII, p. 825 et Soc. de Biol., 1886, t. XXXVIII, p. 166 et 182).
- GROSPERRIN. — Les manifestations hypertoniques consécutives à l'asphyxie oxycarbonée aiguë. Thèse Paris, 1931).
- GUASCO. — Sur la construction d'un toximètre à gaz CO (C. R. Ac. Sc., 1912, t. CLVI, p. 282).
- HALDANE. — The relation of the action of carbonoxyde to oxygen tension. *Journal of Physiology*, 1895, t. XVIII, p. 201.
- Respiration, 1922.
- HARTRIDGE. — *Journal of physiology*, 1912, t. XLV, p. 170.
- HEIM de BALSAC. — Oxycarbonisme professionnel. *Hygiène et Industrie*, 1934, p. 37.
- HEIM, AGASSE-LAFONT et FEIL. — Sur une cause nouvelle d'intoxication oxycarbonée souvent professionnelle. *Progrès Médical*, avril 1927.
- HENDERSON. — *Journal of Ind. Hyg.*, t. III, p. 79-137.
- HENDERSON et HAGGARD. — The elimination of carbon monoxyde from the blood after a dangerous degree of asphyxiation and a therapy for accelerating the elimination. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutico*, 1920, t. XVI, p. 11-20.
- HUFNER et KULTZ. — Untersuchungen zur physikalischen Chimie des blutes. *Journal für praktische chemie*, 1883, t. XXVIII, p. 256-269.
- KLING. — La protection contre CO, des occupants d'abris souterrains aménagés en vue de la défense passive. *Bulletin Académie Médecine*, 22 décembre 1936.

KLING et FLORENTIN. — Production de CO dans les flammes de différents gaz (C. R. Ac. Sc. 1919, t. CLIX, p. 1404).

KLING, ROUILLY et CLARAZ. — C. R. Ac. Sc., 1937, t. CCII, p. 1178.

KOHN-ABREST. — *Annales de Chimie organique*, 1908.

— Appareil pour l'analyse rapide de l'air confiné et des atmosphères insalubres (C. R. Ac. Sc., 1919, t. CLVIII, p. 1019).

— Indice de toxicité et l'utilisation de l'essence dans les automobiles (C. R. Ac. Sc., 1922, t. CLXXIV, p. 1146 et *Chimie et Industrie*, 1925).

— Les combustibles, CO et l'hygiène. *Bulletin des hygiénistes municipaux*, 1921, *Chimie et Industrie*, 1922, t. VII, n° 3 et *Traité de Chimie toxicologique*, 1924).

KOHN-ABREST et LOIRET. — Rapport présenté au nom de la Commission de la Préfecture de Police pour la suppression des fumées et des gaz d'échappement nocifs des automobiles. *Annales d'Hygiène*, juillet 1930.

LANGELEZ. — Nouvelle méthode de lutte contre l'empoisonnement par CO. *Bruxelles Médical*, 21 février 1937.

LÉON BERNARD et DEBRÉ (R.). — Cours d'hygiène professé à l'Institut d'Hygiène de la Faculté de Médecine de Paris, 1927. Masson, édit.

LEROUX (Lucien). — La guerre chimique, 1932.

MAURIN et KLING. — Rapport présenté au nom de la Commission d'étude contre la pollution de l'air, au Conseil d'Hygiène publique et de Salubrité du département de la Seine, le 17 décembre 1937.

MARCY. — Etude critique des méthodes de dépistage et de dosage de CO dilué dans de grandes quantités

d'air. Applications à l'hygiène du chauffage et de l'éclairage. *Annales des Serv. Techn. d'Hyg. de la Ville de Paris*, 1921, t. I, p. 93.

MERMET. — *Bulletin de la Soc. Chimique de France*, 3^e série, t. XVII.

Ministère de la Guerre, Instruction technique sur la protection contre les gaz de combat, 1934.

MONOD. — Dépistage des fuites de gaz d'éclairage et prévention. *Ibid.*, 1934, t. XV, p. 54.

Mosso. — La respiration nelle gallerie e l'azione dell'assido de carbonio. Milano, 1900.

— Ressemblance du mal des montagnes avec l'empoisonnement par CO et études sur la respiration. *Archives ital. de Biol.*, 2092, t. XXXV, p. 62.

MOYNIER. — Les gaz de combat, étude clinique des lésions dues aux gaz toxiques, thérapeutique des intoxications. *Paris médical*, 30 mars 1935.

NICLOUX. — Dosage de CO contenu dans l'air à l'état de traces (C. R. Ac. Sc., 1898, t. CXXXVI, p. 746).

— Sur CO du sang (C. R. Soc. Biologie, 9 décembre 1931 et C. R. Ac. Sc., 1901, t. CXXXII, p. 1501).

— Sur le dosage de CO dans l'air (C. R. Ac. Sc., 1912, t. CLIV, p. 1166) et *Bull. Société Chimique de France*, 1923, t. XXXIII, p. 818.

— Les lois d'absorption de CO par le sang *in vitro* et *in vivo*. *Journal de Physiologie et de Pathologie*, 1919, t. XVI, p. 145-155 et 164-177.

— CO et l'intoxication oxycarbonique, 1925, Masson, éditeur.

OGIER et KOHN-ABREST. — *Traité de Chimie toxicologique*, 1924.

RENAUT. — Les bases de la protection contre les gaz de combat. *Paris médical*, 13 avril 1935.

SALMON. — Les revers d'un progrès. Les intoxications par

les hydrocarbures et les gaz issus des moteurs à explosion (Thèse Paris, 1934).

SAYERS et YANK. — Bureau of Mines, depart. of Interior Rep. and Inv. 1923.

SAYERS, MÉRIWERTHER et YANT. — Physiological effect of exposure to low concentrations of carbon monoxyl. *Public health report.*, may 1922.

SOLMIAC. — Contribution à l'étude des atmosphères confinées (Thèse de la Faculté de Médecine de Paris, 1924).

TANON. — Intoxication par les gaz du moteur dans quelques voitures sanitaires (Soc. médico-chirurgicale de la V^e armée, 18 novembre 1916 et *Presse médicale*, 1917, t. XXV, p. 23).

TANON, CAZENEUVE et NEVEU. — Sur une cause fréquente d'accidents professionnels dans l'automobilisme : intoxication bulbaire par le carburant, essence et alcool. *Bulletin de l'Ac. Médecine*, t. CVIII, p. 1674.

VOGEL. — Ueber die Nachweisung von Kohlenoxyd gas. *Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft*, 1877, t. X, p. 792.

WEIGERT. — L'intoxication oxycarbonée chronique (Thèse de Lyon, 1934).

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	7
GÉNÉRALITÉS	10
PREMIÈRE PARTIE. — <i>Le danger oxycarboné en temps de paix.</i>	23
I. L'oxyde de carbone dans les villes.....	23
1° L'hygiène de l'habitation.....	24
2° L'hygiène de la rue.....	46
La traction automobile.....	49
II. Physio-pathologie	77
III. Pathogénie	83
IV. Etude clinique	90
V. Anatomie pathologique	109
VI. Toxicologie.....	115
VII. Thérapeutique.....	119
DEUXIÈME PARTIE. — <i>Le danger oxycarboné en temps de guerre.</i>	125
CONCLUSIONS	137
BIBLIOGRAPHIE.....	150
